

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Vícekriteriální rozhodování při výběru vhodného typu těžkého
nákladního automobilu pro vybrané zákazníky**

**Methods of Multi-Criteria Decision for Selection the Type of
Heavy Goods Vehicle for Selected Customers**

Student:

Bc. Dominik Malý

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Dominik Malý**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2301T003 Dopravní technika a technologie**
Specializace: **20 Silniční doprava**
Téma: **Vícekriteriální rozhodování při výběru vhodného typu těžkého
nákladního automobilu pro vybrané zákazníky
Methods of Multi-Criteria Decision for Selection the Type of Heavy
Goods Vehicle for Selected Customers**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Charakteristiky jednotlivých modelových řad
3. Vymezení kritérií rozhodování
4. Metody vícekriteriálního rozhodování
5. Vyhodnocení jednotlivých typů nákladních automobilů
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Fotr, J., Švecová, L. a kol.: Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje. Praha: Ekopress. Praha. 2010. 474 s. ISBN: 978-80-86929-59-0.
2. Fiala, P., Jablonský, J., Maňas, M.: Vícekriteriální rozhodování. Praha: Vysoká škola ekonomická Praha. 1994. 316 s. ISBN: 80-7079-748-7
3. Interní materiály TATRA TRUCKS a.s.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.**


Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015





doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

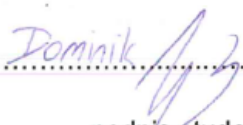


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 17. 5. 2015

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (ať do jejich skutečné výše).

- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 17. 5. 2015

.....*Dominik*.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Dominik Malý

Adresa trvalého pobytu autora práce: Janáčkova 830/24, 697 01 Kyjov

Poděkování

Poděkování patří mé vedoucí práce doc. Ing. Ivaně Olivkové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady. Dále bych chtěl poděkovat panu Jiřímu Štefkovi a celému oddělení technologie montáže ve firmě Tatra Trucks a.s. za technickou pomoc a čas, který mi věnovali při řešení dané problematiky. Mé poděkování patří také Ing. Jiřímu Kašpárkovi za poskytnutí cenných informací a rad.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

DOMINIK MALÝ. Vícekriteriální rozhodování při výběru vhodného typu těžkého nákladního automobilu pro vybrané zákazníky. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2015, 62 s. Diplomová práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá problematikou vícekriteriálního rozhodování. V teoretické části popisuje základní pojmy manažerského rozhodování, vícekriteriální metody a SWOT analýzu. Ve výpočtové části jsou popsány a charakterizovány zvolené varianty - cisternové automobilové stříkačky. Následující kapitola pojednává o anketě. Získaná data jsou zpracována pomocí vícekriteriálních metod. Další kapitola zahrnuje výsledná data a jejich vyhodnocení, která jsou podrobena diskusi s konkrétním závěrem a doporučením. Součástí diplomové práce jsou přílohy s anketou a další zpracovaná data získaná pomocí ankety.

Klíčová slova:

Vícekriteriální metody, kritérium, varianta, CAS

ABSTRACT OF THE THESIS

DOMINIK MALÝ. Methods of Multi-Criteria Decision for Selection the Type of Heavy Goods Vehicle for Selected Customers. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2015, 62 p. Thesis, Supervisor: doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

This thesis deals with the problems of Multi-Criteria Decision. Theoretical section describes the base of manager's decisions, Multi-Criteria methods and SWOT analysis. Calculation described and characterized the selected options of tanker automotive syringe. The following chapter discusses about the survey. Obtained data are processed by using Multi-Criteria methods. Another chapter includes the resulting data and their evaluation, which are subject to discussion to make concrete conclusions and recommendations. This thesis also includes annexes with the survey and more processed data, which were obtained by the survey.

Key words:

Multi-Criteria methods, criteria, option, CAS

OBSAH

1.	ÚVOD	10
2.	TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1	Varianty	11
2.1.1	Cisternová automobilová stříkačka - CAS	11
2.2	Kritéria	12
2.3	Metoda stavení vah kritérií	13
2.3.1	Alokace 100b.	14
2.3.2	Metoda postupného rozvrhu vah	14
2.4	Metody vícekritériálního hodnocení variant	15
2.4.1	Metoda váženého pořadí	16
2.4.2	Metoda založena na přímém (expertním) stanovením dílčích ohodnocení	17
2.4.3	Metoda lineárních dílčích funkcí utility	17
2.5	SWOT Analýza	18
3.	VÝPOČTOVÁ ČÁST	19
3.1	Varianty	19
3.1.1	Popis vozidla CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2	19
3.1.2	Technické parametry CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2	20
3.1.3	Popis vozidla CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4	21
3.1.4	Technické parametry CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4	23
3.1.5	Popis vozidla CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4	24
3.1.6	Technické parametry CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4	25
3.1.7	Popis vozidla CAS 20/4000/240 M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4	26
3.1.8	Technické parametry CAS 20/4000/240 M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4	27
3.2	Kritéria	28
3.2.1	Vymezení kritérií	29
3.3	Anketa	34
3.4	Metoda stavení vah kritérií	34
3.4.1	Alokace 100b.	35
3.4.2	Metoda postupného rozvrhu vah	35
4	METODY VÍCEKRITÉRIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT	37
4.1	Metoda váženého pořadí	38

4.2	Metoda založena na přímém (expertním) stanovením dílčích ohodnocení	39
4.3	Metoda lineárních dílčích funkcí utility	41
4.4	Metody vícekritériálního hodnocení variant - celkové výsledky	43
4.4.1	Metoda váženého pořadí	43
4.4.2	Metoda založena na expertním stanovení dílčích ohodnocení	44
4.4.3	Metoda lineárních dílčích funkcí utility	44
4.4.4	Porovnání výsledků	45
4.5	Vyhodnocení variant	46
4.5.1	Vyhodnocení CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2	47
4.5.2	Vyhodnocení CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4	48
4.5.3	Vyhodnocení CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4	50
4.5.4	Vyhodnocení CAS 20/4000/240 M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4	50
4.6	SWOT analýza	51
5.	ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR	52
	Seznam použitých zkratk a symbolů	56
	Seznam použitých obrázků	57
	Seznam tabulek	58
	Seznam grafů	59
	Seznam příloh	60
	Seznam použité literatury	61

1. ÚVOD

Automobilová technika a technologie se neuvěřitelným způsobem rychle vyvíjí. V dnešní době není problém zkonstruovat vozidlo, které by mělo nejmodernější systémy, o kterých se lidem před několika lety jen mohlo zdát. Design, inovační technologie, asistenční systémy a nejrůznější typ výbavy, to je jen malý výčet prvků, které vytváří moderní vozidlo. Tyto prvky neobsahují jen civilní vozidla, ale i moderní, vysoce vybavená vozidla záchranného systému, do kterého neodmyslitelně patří i cisternové automobilové stříkačky.

Tato záchranná vozidla musí být schopné dopravit hasiče rychle a bezpečně na místo nehody či havárie. Výkon motoru, průchodnost terénem, vlastnosti a výbava těchto vozidel patří mezi základní parametry.

Při studiu na vysoké škole jsem absolvoval nepovinnou praxi ve firmě Tatra Trucks a.s., kde jsem se seznámil s výrobou těžkých nákladních automobilů. V porovnání s osobními automobily, se kterými jsem měl každodenní zkušenost, jsou nákladní vozidla daleko větších rozměrů a mají vyšší hmotnost, což mě fascinovalo. Proto jsem si tuto problematiku vybral jako téma své diplomové práce.

Dalším důvodem, pro výběr tohoto tématu bylo taktéž manažerské rozhodování. V dnešní době se „šetří“ ve všech směrech. Všeobecně při pořizování nového produktu nebo také spouštění nových projektů předchází dlouhodobé promyšlení situace, rozhodování a analýzy. S danou problematikou jsem se seznámil při studiu na vysoké škole. Z mé strany byla touha tyto znalosti prohloubit a aplikovat na konkrétním problému. Vícekriteriální rozhodování a výběr těžkého nákladního vozidla bylo tedy jasnou volbou.

Hlavním cílem této diplomové práce je zpracovat technická data vybraných nákladních vozidel a pomocí vícekritériálních metod vybrat zákazníkům vhodný typ nákladního vozidla.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Varianty

„Varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti, kterou jsou realizovatelné. Varianty rozhodování jsou nezbytné pro aplikaci vícekritériálních metod.“ Pro danou diplomovou práci jsem vybral varianty rozhodování cisternové automobilové stříkačky - CAS. [1]

2.1.1 Cisternová automobilová stříkačka - CAS

Cisternová automobilová stříkačka CAS je motorové vozidlo určené k přepravě požárního družstva a hasebních prostředků k provedení požárního zásahu vodou nebo pěnou při použití nízkého nebo vysokého tlaku vody. [2]

Typ značení - příklad

CAS 15/2200/135 - M 2 Z RENAULT MIDLUM 4X4

CAS - cisternová automobilová stříkačka

15 - Nízkotlaké čerpací zařízení - jmenovitý průtok 1 500 [l/min]

2 200 - Objem nádrže na vodu 2 200 [l]

135 - Objem nádrže na pěnidlo 135 [l]

M - Členění dle celkové hmotnosti $7,5 \text{ [t]} < m_{\text{vozidla}} \leq 16 \text{ [t]}$

2 - Kategorie 2: Smíšený provoz na všech komunikacích a částečně i mimo komunikace

Z - Typ výbavy - Základní

RENAULT MIDLUM - Typ vozidla, podvozku

4X4 - Typ pohonu

Definice označení

Členění dle celkové hmotnosti:

- L - lehká $2 \text{ [t]} < m_{\text{vozidla}} \leq 7,5 \text{ [t]}$
- M - střední $7,5 \text{ [t]} < m_{\text{vozidla}} \leq 16 \text{ [t]}$
- S - těžká $m_{\text{vozidla}} > 16 \text{ [t]}$

Kategorie motorových vozidel:

- Kategorie 1: městská - provoz na zpevněných pozemních komunikacích
- Kategorie 2: smíšená - provoz na všech komunikacích a částečně i mimo komunikace
- Kategorie 3: terénní - provoz na všech komunikacích a v terénu.

Vybavení motorového vozidla:

- Základní Z
- Speciální
 - 1. redukované - R
 - 2. rozšířené - V
 - 3. technické - T
 - 4. k hašení lesních požárů - LP
 - 5. k hašení - H
 - 6. chemické - CH
 - 7. ropné - N

2.2 Kritéria

Kritéria hodnocení představují hlediska zvolená rozhodovatelem (na základě jeho hodnotové soustavy, resp. hodnotové soustavy jeho firmy), která slouží k posouzení výhodnosti jednotlivých variant rozhodování z hlediska dosažení resp. stupně plnění dílčích cílů řešeného rozhodovací problému. [1]

Pomocí zvolených kritérií a jejich ohodnocení z dané stupnice mohou aplikovat vícekritériální metody pro výběr nejlepších varianty.

Rozdělení kritérií

Kvalitativní kritéria

- vyjádřeny slovně
- agregovanější s širší náplní

Kvantitativní kritéria

- vyjádřeny číselně
- jednoduše měřitelné
- jednoznačný smysl pro rozhodovatele

Kvantitativní kritéria:

Kritéria výnosového typu, u těchto kritérií rozhodovatel preferuje vyšší hodnoty před nižšími (čím více, tím lépe) např.: zisk.

Kritéria nákladového typu, u tohoto typu kritérií je preferováno rozhodovatelem kritérium s nižší hodnotou (čím méně, tím lépe) např.: náklady.

Kritéria lze hodnotit pomocí stupnice:

- Nominální stupnice (jemné)
- Stupnice ordinální (pořadové)
- Kardiální (intervalové a poměrové)

V diplomové práci aplikuji kvantitativní kritéria výnosového typu a dané kritéria jsou hodnoceny na nominální (jemné) stupnici.

2.3 Metoda stavení vah kritérií

U většiny metod vícekritériálního hodnocení variant nejdříve požadujeme stanovení váhy jednotlivých kritérií hodnocení. Váhy kritérií jsou číselným odrazem jejich významnosti. Čím je kritérium významnější, tím je jeho ohodnocení vyšší.

„Pro dosažení srovnatelnosti vah kritérií souboru kritérií, které mohou být stanoveny různými metodami, se tyto váhy zpravidla normují tak, aby jejich součet byl roven jedné“ [3]

Stanovení vah kritérií:

- Saatyho metoda
- metoda párového porovnání
- bodová stupnice, alokace 100b.
- porovnání kritérií pomocí jejich preferenčního pořadí.

V této diplomové práci použiju stanovení vah kritérií a skupin kritérií pomocí metody alokace 100b.

2.3.1 Alokace 100b.

Hodnotitel má k dispozici 100b., které rozděluje podle významnosti daným kritérií. Váha daného kritéria je následně číselně stanovena. Důležitost je kladena na celkovou sumu $\Sigma=100b$. Tato metoda, poskytuje přímo normované váhy.

2.3.2 Metoda postupného rozvrhu vah

Při tvorbě kritérií bylo dbáno na úplnosti souboru kritérií. Respektování tohoto požadavku pak s sebou přináší větší počet kritérií. V případech většího počtu kritérií (více jak 10) je pro hodnotitele značně náročné stanovit váhy kritérií. V takovéto situaci se aplikuje metoda postupného rozvrhu vah. Princip metody spočívá v seskupení jednotlivých kritérií do skupin podle jejich příbuznosti.

Nejprve se stanoví váhy jednotlivých skupin kritérií pomocí metody alokace 100b. Tyto váhy jsou normovány, tzn. že součet vah skupin kritérií je roven jedné. Následně se stanoví váhy každého kritéria v daných skupinách. Opět s aplikací metody alokace 100b. Tím je zajištěno získání normovaných vah, kdy je součet všech vah v rámci skupiny roven jedné. Výsledná váha je poté dána součinem váhy skupiny a váhy kritéria.

Úprava hodnocení váhy kritéria $v_i/100$

Váhy skupin kritérií

$$\sum_{i=1}^n v_{i,skupiny} = 1 \quad (1)$$

n ... počet skupin kritérií

$v_{i,skupiny}$... váha i-té skupiny

Váhy kritérií v rámci skupin

$$\sum_{i=1}^n v_i = 1 \quad (2)$$

n ... počet kritérií v rámci skupiny

v_i ... váha i-tého kritéria v rámci skupiny

Výsledné váhy

$$v_{i,výsled} = v_i \cdot v_{i,skupiny} \quad (3)$$

$v_{i,výsled}$... výsledná váha i-tého kritéria

v_i ... váha i-tého kritéria v rámci skupiny

$v_{i,skupiny}$... váha i-té skupiny

$$\sum_{i=1}^n v_{i,výsled} = 1 \quad (4)$$

n ... celkový počet i-tých kritérií

$v_{i,výsled}$... výsledná váha i-tého kritéria

2.4 Metody vícekritériálního hodnocení variant

Mezi metody vícekritériálního hodnocení variant patří:

- Vícekritériální funkce užitku za jistoty
- Jednoduché metody stanovení hodnoty variant
- Metody založené na párovém srovnání variant

Pro určení hodnocení variant jsem zvolil jednoduché metody stanovení hodnoty variant.

Jednoduché metody stanovení hodnoty variant

„Vzhledem k relativně složité konstrukci dílčích funkcí utility pro každé kritérium hodnocení se v praxi využívají jednoduché metody stanovení hodnoty (utility) variant. Při jejich aplikaci dochází k určitým zjednodušením, které mohou vést v některých případech ke zkresleným výsledkům.“ [3]

Skupina metod určuje celkové ohodnocení variant jako vážený součet dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím ve tvaru:

$$H^j = \sum_{i=1}^n v_i \cdot h_i^j \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

H^j ... celkové ohodnocení j-té varianty

v_i ... váha i-tého kritéria

h_i^j ... dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu

n ... počet kritérií hodnocení

m ... počet variant

Na základě celkového ohodnocení variant je pak možné sestavit jejich preferenční uspořádání (varianty jsou uspořádány podle klesajících hodnot celkového ohodnocení), přičemž nejvýše ohodnocená varianta (první v preferenčním pořadí) je varianta optimální.

Mezi jednoduché metody stanovení hodnoty (utility) variant patří:

- metoda váženého pořadí,
- metoda založená na přímém (expertním) stanovení dílčích ohodnocení,
- metoda lineárních dílčích funkcí utility,
- metoda bazické varianty.

Pro určení hodnocení variant jsem použil první tři metody, které postupně rozeberu v teoretické rovině.

2.4.1 Metoda váženého pořadí

U této metody se dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím určuje podle pořadí varianty vzhledem k těmto kritériím. [3]

Dílčí ohodnocení se určuje dle vztahu:

$$h_i^j = m + 1 - p_i^j \quad (6)$$

h_i^j ... dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu

m ... počet variant

p_i^j ... pořadí j-té varianty k i-tému kritériu

Z tohoto stavu plyne, že dílčí ohodnocení nejlepších variant z hlediska jednotlivých kritérií je rovno právě počtu kritérií. Dílčí ohodnocení nejhorších variant vzhledem k jednotlivým kritériím je pak rovno vesměs jedné. [3]

2.4.2 Metoda založena na přímém (expertním) stanovením dílčích ohodnocení

Tato metoda vychází z toho, že dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím určuje přímo hodnotitel, a to zpravidla přiřazením bodů ze zvolené bodové stupnice. [3]

- 10b. stupnice pro hodnocení variant
- 100b. stupnice pro hodnocení variant - jemnější

Volím 100b. stupnici. Ohodnocení 1b. pro nejhorší ohodnocení a 100b. pro nejlepší ohodnocení.

Úprava dílčího ohodnocení j-té varianty vzhledem k í-tému kritériu
$$h_i^j / 100$$

2.4.3 Metoda lineárních dílčích funkcí utility

U této metody se stanovuje dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kvantitativním kritériím za předpokladu, že dílčí funkce utility má lineární tvar. [3]

$$h_i^j = \frac{x_i^j - x_i^0}{x_i^* - x_i^0} \quad (7)$$

h_i^j ... dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k í-tému kritériu

x_i^j ... dílčí utilita j-té varianty vzhledem k í-tému kritériu

x_i^0 ... minimální dílčí utilita

x_i^* ... maximální dílčí utilita

2.5 SWOT Analýza

SWOT analýza je jedna ze základních metod, pomocí níž jsme schopní rychlým a jednoduchým způsobem získat přehled o aktuální situaci řešeného projektu, uvnitř i vně podniku, politiky atd. Tato metoda nám umožní získat silné a slabé stránky, ale taktéž i budoucí příležitosti a ohrožení.

SWOT analýza je jednou z metod analýzy výchozího stavu podniku pro tvorbu strategického plánu a pro strategické řízení. Zkratka SWOT pochází z počátečních písmen těchto anglických výrazů:

S – strengths (silné stránky),

W – weaknesses (slabé stránky),

O – opportunities (příležitosti),

T – threats (hrozby).

„Výstupem kompletní analýzy SWOT je chování společnosti, která maximalizuje přednosti a příležitosti a minimalizuje své nedostatky a hrozby.“ [4]

V diplomové práci použiji SWOT analýzu při vyhodnocení jednotlivých variant. Pomocí této metody vyhodnotím silné a slabé stránky jednotlivých variant a doporučím možné úpravy a vylepšení.



Obrázek 1. Grafické řešení SWOT analýzy [4]

3. VÝPOČTOVÁ ČÁST

3.1 Varianty

Varianty jsem zvolil cisternové automobilové stříkačky - CAS. Tyto vozidla jsem vybral a nakonfiguroval tak, aby se jednotlivé technické parametry co nejvíce shodovaly.

Vybraná vozidla:

- CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2
- CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4
- CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4
- CAS 20/4000/240 - M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4

3.1.1 Popis vozidla CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2

První variantou pro aplikaci víkreriteriálních metod jsem zvolil cisternovou automobilovou stříkačku na podvozku T815-2 4x4.2. Tento typ hasičských nástaveb se nachází nejčastěji ve vozovém parku jednotlivých hasičských jednotek v celé České republice. Zkušenosti s tímto vozidlem tedy má velký počet hasičů.

Vozidlo je vybaveno nízkotlakým čerpacím zařízením o jmenovitém průtoku 2 000 [l/min]. Objem nádrže pro vodu činí 4 600 [l] a pro pěnidlo 300 [l]. Hmotností vozidlo spadá do třídy S - těžká ($m_{\text{vozidla}} > 16$ [t]). Výbava T815-2 je na úrovni Z - Základní. Tatra spadá do Kategorie 2 - Smíšená. Je tedy určena pro provoz na všech komunikacích a částečně i mimo komunikace. Pohon CAS je 4x4.2.

Toto vozidlo se vyrábí od roku 1983 a již několikrát bylo modernizováno. Poslední modernizace přišla na řadu v roce 2010. Od ostatních vozidel se odlišuje konstrukcí podvozku. T815-2 je postavena na „tatrovácké koncepci automobilu“. Podvozek tvoří nosná roura, ve které jsou vedeny hnací hřídele. Výhody jsou vysoká ohybová a torzní tuhost, která chrání nástavbu vozidla a také ochrana hnacího ústrojí. Unikátní je také nezávislé zavěšení výkyvných polonáprav. Toto řešení umožňuje rychlejší, pohodlnější průchodnost těžkým terénem.

O pohon vozidla se stará přeplňovaný vznětový vzduchem chlazený motor. Právě chlazení motoru je další velký rozdíl od ostatních mnou vybraných vozidel. Mezi výhody patří jednodušší konstrukce, nižší hmotnost nebo provozuschopnost při extrémních teplotách okolí. Mezi nevýhody patří například vyšší hlučnost.



Obrázek 2. CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2 [5]

3.1.2 Technické parametry CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2

	CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2
Pohon	
Typ pohonu	4x4
Motor	Tatra T3D-928-31 vznětový, přeplňovaný
Počet válců	8
Zdvihový objem	12 667 [cm ³]
Max. výkon motoru	325 [kW]/ 1 800 [min ⁻¹]
Max. toč. moment motoru	2 100 [Nm]/ 1 100 [min ⁻¹]
Emisní norma	Euro 5
Typ chlazení	Vzduchem
Převod	
Převodovka	TATRA 14TS 210L (man.)
Počet stupňů vpřed/vzad	14/2
Přídavná převodovka	TATRA 2.30 TRS - dvoustupňová
Pomocná převodovka	TATRA 1TP300K-CH, možnost OPTIONS

Podvozek	
Přední náprava	Řízená, hnaná, výkyvné polonápravy, uzávěrka os. diferenciálu
Odpružení	Zkrutné tyče a teleskopické tlumiče
Zadní náprava	Hnaná, výkyvné polonápravy, uzávěrka os. diferenciálu
Odpružení	Vzduch. vaky s vinutou pružinou a teleskop.tlumič
Brzdy	Brzdové jednotky PERROT, ABS a AZR
Kabina	
Typ (počet míst)	Trambusová, sklopná (1+5)
Rozměry	
Délka	7 700 [mm]
Šířka	2 550 [mm]
Výška	3 100 [mm]
Rozvor	4 900 [mm]
Světlá výška	290 [mm]
Jízdní parametry	
Max. rychlost	120 [km/h]
Měrný výkon	18,05 [kW/t]
Stoupavost při celkové hmot. voz.	99,9 [%]
Brodivost	800 [mm]
Nájezdový úhel přední/zadní	32 [°]/ 23[°]
Úhel bočního naklonění	30 [°]
Vnější obrysový průměr zatáčení	19 [m]
Hmotnosti	
Provozní hmotnost	12 000 [kg]
Celková hmotnost	18 000 [kg]
Parametry CAS	
Nádrž na vodu	4 600 [l]
Nádrž na pěnídlo	300 [l]
Čerpací zařízení - Nízkotlak	
Jmenovitý průtok	2 000 [l/min]
Jmenovitý tlak	1,0 [MPa]
Jmenovitá sací výška	3 [m]
Čerpací zařízení - Vysokotlak	
Jmenovitý průtok	250 [l/min]
Jmenovitý tlak	4,0 [MPa]

Tabulka 1. Technické parametry CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2 [5], [6]

3.1.3 Popis vozidla CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4x4

Další variantou při vícekritériálním rozhodování je vozidlo Man TGM 4x4. Tento automobil je velice rozšířen u hasičských jednotek v celé České republice, zejména v Jihomoravském kraji.

Automobil je vybaven nízkotlakým čerpacím zařízením o hodnotě jmenovitého průtoku 2 000 [l/min]. Nádrž pro vodu má objem 4 700 [l] a pro pěnidlo 300 [l]. Vozidlo je zařazeno pro svou hmotnost do třídy S - těžká ($m_{\text{vozidla}} > 16$ [t]). Vybavení u Man TGM 4x4 je Základní - Z. Tato CAS spadá do Kategorie 2 - Smíšená. Je tedy určena pro provoz na všech komunikacích a částečně i mimo komunikace. Typ pohonu je 4x4.

V hierarchii automobilky Man nese vozidlo označení TGM pro středně těžká vozidla (12 [t] $< m_{\text{vozidla}} < 26$ [t]). Vozidlo je vhodné pro různé typy nástaveb, díky rovné hraně rámu a modularitě rámu. Samotný rám má zvýšenou nosnost a celá rámová konstrukce má nízkou hmotnost. Odpružení vozidla je řešeno jak u přední, tak u zadní nápravy pomocí listových per, teleskopickými tlumiči pérování doplněnými o zkrutný stabilizátor.

Vozidlo pohání moderní přeplňovaný vznětový motor se systémem vstřikování Common Rail. Pohonná jednotka se vyznačuje kultivovaným a hospodárným chodem. Typ chlazení motoru je kapalinové. Motor splňuje emisní normu EURO 5. Přenos točivého momentu z motoru je řešen pomocí manuální převodovky od renomovaného výrobce ZF. Mezi výhody motoru patří příznivý průběh točivého momentu, nízká spotřeba a dlouhé intervaly údržby.



Obrázek 3. CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4 [7]

3.1.4 Technické parametry CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4

	Man TGM CAS 20/4700/300 - S 2 Z 4X4
Pohon	
Typ pohonu	4x4
Motor	Man D0836LFL64 vznětový, přeplňovaný
Počet válců	6
Zdvihový objem	6 871 [cm ³]
Max. výkon motoru	213 [kW]/ 2 300 [min ⁻¹]
Max. toč. moment motoru	1 150 [Nm]/ 1 200 [min ⁻¹]
Emisní norma	Euro 5
Typ chlazení	Kapalinou
Převod	
Převodovka	ZF 9S-1310 OD (man.)
Počet stupňů vpřed/vzad	9/1
Přídavná převodovka	G 102 E
Podvozek	
Přední náprava	Řízená, hnaná, tuhá, uzávěrka os. diferenciálu
Odpružení	Listové pera, teleskop. tlumiče, zkrut. stabilizátor
Zadní náprava	Hnaná, tuhá, uzávěrka os. diferenciálu
Odpružení	Listové pera, teleskop. tlumiče, stabilizátor
Brzdy	Bubnové brzdy, ABS
Kabina	
Typ (počet míst)	Trambusová, sklopná (1+5)
Rozměry	
Délka	7 525 [mm]
Šířka	2 550 [mm]
Výška	3 345 [mm]
Rozvor	3 900 [mm]
Světlá výška	330 [mm]
Jízdní parametry	
Max. rychlost	100 [km/h]
Měrný výkon	11,83 [kW/t]
Stoupavost při celkové hmot. voz.	30 [%]
Brodivost	750 [mm]
Nájezdový úhel přední/zadní	28 [°]/ 24 [°]
Úhel bočního naklonění	27 [°]
Vnější obrysový průměr zatáčení	16 [m]
Hmotnosti	
Provozní hmotnost	12 000 [kg]
Celková hmotnost	18 000 [kg]
Parametry CAS	
Nádrž na vodu	4 700 [l]
Nádrž na pěnídlo	300 [l]

Čerpací zařízení - Nízkotlak	
Jmenovitý průtok	2 000 [l/min]
Jmenovitý tlak	1,0 [MPa]
Jmenovitá sací výška	3 [m]
Čerpací zařízení - Vysokotlak	
Jmenovitý průtok	250 [l/min]
Jmenovitý tlak	4,0 [MPa]

Tabulka 2. Technické parametry CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4 [7], [8]

3.1.5 Popis vozidla CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4

Jednou z dalších variant pro použití vícekritériálních metod je cisternová automobilová stříkačka na podvozku Scania P360 4x4. Vozidlo jsem vybral pro silný motor jeho výkonové charakteristiky. Oproti předešlým variantám se CAS tolik nevyskytuje ve vozových parcích hasičských jednotek.

Hasičská nástavba je vybavena nízkotlakým čerpacím zařízením, které je schopno vyvinout jmenovitý průtok 2 000 [l/min]. Nádrže na vodu, respektive na pěnidlo mají objem 4 200 [l] a 300 [l]. Automobil hmotností spadá do třídy S - těžká ($m_{\text{vozidla}} > 16$ [t]). Scania se řadí do Kategorie 2 - Smíšená. Je tedy určena pro provoz na všech komunikacích a částečně i mimo komunikace. Typ pohonu je 4x4

Společnost Scania je tradiční a významný výrobce nákladních vozidel. Zaměřuje se mimo jiné i na výrobu podvozků pro speciální účely a různé typy nástaveb pro konkrétní požadavky.

Automobil je osazen moderním motorem splňujícím emisní normu Euro 5. Motor obsahuje systém pro recirkulaci výfukových plynů - dvousměrný EGR ventil. Tento akční člen má za úkol přidávat do směsi palivo-vzduch výfukové plyny jen tehdy, pokud to vyžaduje provoz. Taktéž obsahuje systém Scania VGT - proměnná geometrie lopatek turbodmychadla. Systém pracuje tak, že udržuje otáčky turbíny během řazení, tím zajišťuje lepší odezvu a točivý moment při nízkých otáčkách.



Obrázek 4. CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4 [9]

3.1.6 Technické parametry CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4

	Scania P360 CAS 20/4200/300 - S 2 Z 4X4
Pohon	
Typ pohonu	4x4
Motor	SCANIA DC13 06 360 vznětový, přeplňovaný
Počet válců	6
Zdvihový objem	12 742 [cm ³]
Max. výkon motoru	265 [kW]/ 1 900 [min ⁻¹]
Max. toč. moment motoru	1 850 [Nm]/ 1 000 - 1 300 [min ⁻¹]
Emisní norma	Euro 5
Typ chlazení	Kapalinou
Převod	
Převodovka	Scania GRS 905 (man.)
Počet stupňů vpřed/vzad	12/2
Přídavná převodovka	EG 660F
Pomocná převodovka	Přední RP 736, zadní RP
Podvozek	
Přední náprava	Řízená, hnaná, tuhá, uzávěrka os. diferenciálu
Odpružení	Listová pera
Zadní náprava	Hnaná, tuhá, uzávěrka os. diferenciálu
Odpružení	Listová pera
Brzdy	Bubnové brzdy, ABS
Kabina	
Typ (počet míst)	Trambusová, sklopná (1+5)

Rozměry	
Délka	7 420 [mm]
Šířka	2 550 [mm]
Výška	3 250 [mm]
Rozvor	3 900 [mm]
Světlá výška	280 [mm]
Jízdní parametry	
Max. rychlost	110 [km/h]
Měrný výkon	14,72 [kW/t]
Stoupavost při celkové hmot. voz.	35 [%]
Brodivost	700 [mm]
Nájezdový úhel přední/zadní	24 [°]/ 24 [°]
Úhel bočního naklonění	28 [°]
Vnější obrysový průměr zatáčení	17 [m]
Hmotnosti	
Provozní hmotnost	12 150 [kg]
Celková hmotnost	18 000 [kg]
Parametry CAS	
Nádrž na vodu	4 200 [l]
Nádrž na pěnídlo	300 [l]
Čerpací zařízení - Nízkotlak	
Jmenovitý průtok	2 000 [l/min]
Jmenovitý tlak	1,0 [MPa]
Jmenovitá sací výška	3 [m]
Čerpací zařízení - Vysokotlak	
Jmenovitý průtok	250 [l/min]
Jmenovitý tlak	4,0 [MPa]

Tabulka 3. Technické parametry CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4 [9], [10]

3.1.7 Popis vozidla CAS 20/4000/240 - M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4

Poslední variantou jsem při aplikaci vícekritériálního rozhodování vybral vozidlo značky Mercedes-Benz Atego 4x4. Jedná se o automobil, který u hasičů má své silné postavení, díky moderním technologickým řešením a jízdním vlastnostem. Jako jediná varianta automobil spadá do kategorie M - střední.

Vozidlo má pohon všech kol 4x4. Je zařazeno do Kategorie 2 - Smíšená. Je tedy určeno pro provoz na všech komunikacích a částečně i mimo komunikace. Základním vybavením - Z je vybaveno Atego. Celková hmotnost Mercedesu je 16[t], tím pádem vozidlo je umístěno do třídy M - střední ($7,5[t] < m_{\text{vozidla}} \leq 16[t]$). Cisternová automobilová

stříkačka je také vybavena nízkotlakým čerpacím zařízením, které umožní dosáhnout maximální jmenovité průtok 2 000[l/min]. Objem nádrže pro vodu činí 4 000[l] a pro pěnidlo 240[l].

Automobil je postaven na rámovém podvozku. Přední i zadní náprava je tuhá. Vznětový motor, který pohání zadní kola, je uložen podélně vpředu. Vozidlo se vyrábí od roku 1998. V roce 2012 přišel Mercedes-Benz s faceliftem vozidla Atego. Toto vozidlo se stalo v letech 1999 a 2011 vítězem ankety Truck of the Year.



Obrázek 5. CAS 20/4000/240 - M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4 [11]

3.1.8 Technické parametry CAS 20/4000/240 - M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4

	MERCEDES-BENZ ATEGO CAS 20/4000/240 M 2 Z 4X4
Pohon	
Typ pohonu	4x4
Motor	Mercedes OM 906 LA vznětový, přeplňovaný
Počet válců	6
Zdvihový objem	6 374 [cm ³]
Max. výkon motoru	188 [kW]/ 2 200 [min ⁻¹]
Max. toč. moment motoru	970 [Nm]/ 1 200 [min ⁻¹]
Emisní norma	Euro 5
Typ chlazení	Kapalinou
Převod	
Převodovka	Mercedes G 85-6/6,70-0,73 (man.)
Počet stupňů vpřed/vzad	6/1
Přídavná převodovka	VG 550-3 W (dvoustupňová)

Podvozek	
Přední náprava	Řízená, hnaná, tuhá, uzávěrka os. diferenciálu
Odpružení	Listové pera, teleskop. tlumiče, zkrut. stab.
Zadní náprava	Hnaná, tuhá, uzávěrka os. diferenciálu
Odpružení	Listová pera, teleskopické tlumiče, zkrutný stab.
Brzdy	Bubnové brzdy, ABS
Kabina	
Typ (počet míst)	Trambusová, sklopná (1+5)
Rozměry	
Délka	7 700 [mm]
Šířka	2 520 [mm]
Výška	3 210 [mm]
Rozvor	4 160 [mm]
Světlá výška	251 [mm]
Jízdní parametry	
Max. rychlost	100 [km/h]
Měrný výkon	11,75 [kW/t]
Stoupavost při celkové hmot. voz.	35 [%]
Brodivost	700 [mm]
Nájezdový úhel přední/zadní	27 [°]/ 23 [°]
Úhel bočního naklonění	29 [°]
Vnější obrysový průměr zatáčení	18 [m]
Hmotnosti	
Provozní hmotnost	9 500 [kg]
Celková hmotnost	16 000 [kg]
Parametry CAS	
Nádrž na vodu	4 000 [l]
Nádrž na pěnídlo	240 [l]
Čerpací zařízení - Nízkotlak	
Jmenovitý průtok	2 000 [l/min]
Jmenovitý tlak	1,0 [MPa]
Jmenovitá sací výška	3 [m]
Čerpací zařízení - Vysokotlak	
Jmenovitý průtok	250 [l/min]
Jmenovitý tlak	4,0 [MPa]

Tabulka 4. Technické parametry CAS 20/4000/240 - M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4 [11], [12]

3.2 Kritéria

Stanovil jsem si osm skupin kritérií, které obsahují minimálně dvě, maximálně šest kritérií. Celkem jsem navrhl 24 kritérií. Každá skupina se zaměřuje na jiné hledisko vozidla. Po konzultaci se strojníkem hasičské jednotky jsem se zaměřil na kritéria - parametry, které jsou pro vybrané zákazníky - hasiče důležité.

3.2.1 Vymezení kritérií

- Skupina výkonnostních kritérií

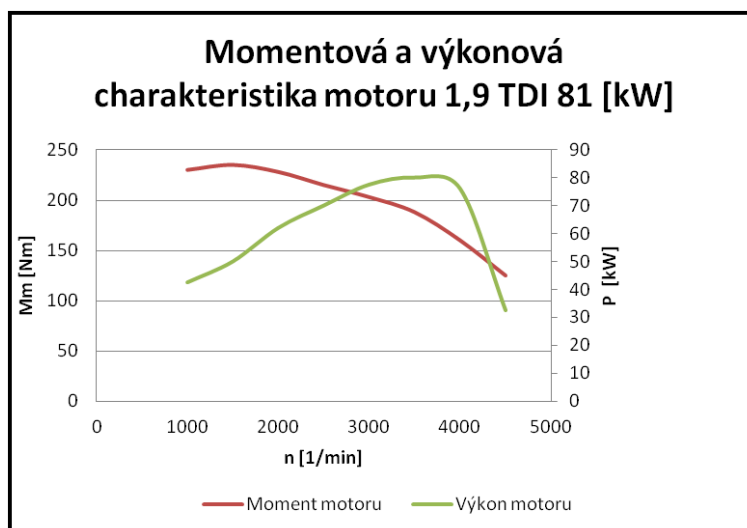
Maximální výkon motoru [kW] - jedná se o základní parametr spalovacího motoru. Maximální výkon motoru je nejvyšší hodnota výkonu, kterou může motor vykonat. Výkon motoru vyjadřuje práci - energii, kterou vykoná motor za určitý čas. Lze jej určit pomocí vzorce:

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_M \cdot n}{60} [kW] \quad (8)$$

$\pi = 3,14$... Ludolfovo číslo

M_M ... moment motoru [Nm]

n ... počet otáček [$1 \cdot \min^{-1}$]



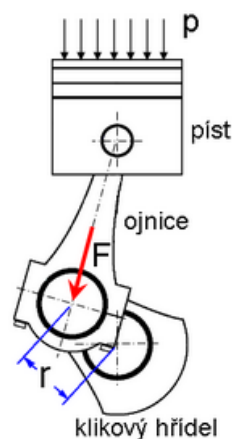
Graf 1. Momentová a výkonová charakteristika motoru 1,9 TDI 81 [kW] [autor]

Maximální točivý moment motoru [Nm] - popisuje maximální velikost síly, která působí na rameno klikového hřídele. Udává se v Newtonmetrech [Nm]. Točivý moment motoru lze popsat pomocí vztahu:

$$M_M = F_{MAX} \cdot r [Nm] \quad (9)$$

F_{MAX} ... maximální síla [N]

r ... rameno klikového hřídel [m]



Obrázek 6. Klikový mechanismus [13]

- **Skupina kritérií převodu výkonu**

Převodovka - mechanický měnič velikosti točivého momentu, který podle zařazeného rychlostního stupně mění točivý moment motoru. Úkolem převodovky je měnit velikost točivého (kroutícího) momentu motoru, měnit otáčky výstupního hřídele převodovky, měnit smysl otáčení hnacích kol vozidla a taktéž umožnit běh naprázdno. [14]

Vlastnosti převodovky - počet rychlostní stupňů, délka jednotlivých rychlostních stupňů, hlučnost, plynulost chodu, hmotnost, životnost.

- **Skupina konstrukčních kritérií**

Koncepce náprav - konstrukční řešení náprav: tuhé, výkyvné polonápravy. Poháněné a nepoháněné nápravy. Vliv náprav na jízdní vlastnosti.

Systém odpružení vozidla - typ a konstrukční řešení odpružení, tlumiče pérování, listové pera, vzduchové vaky, zkrutný stabilizátor a pneumatiky vozidla. Vliv odpružení vozidla na jízdních vlastnostech.

Brzdový systém - konstrukční řešení brzd, asistenční systémy, účinnost brzdového systému.

- **Skupina hmotnostních kritérií**

Provozní hmotnost [kg] - je vyjádřena součtem pohotovostní hmotnosti vozidla a hmotnosti řidiče. Přičemž pohotovostní hmotnost je hmotnost kompletně vybaveného automobilu s plnou zásobou provozních náplní a předepsanou výbavou.

Celková hmotnost [kg] - jde o součet užitečné a pohotovostní hmotnosti vozidla.

$$m_{CEL} = m_{UŽIT} + m_{POHOT} [kg] \quad (10)$$

m_{CEL} ... celková hmotnost vozidla [kg]

$m_{UŽIT}$... užitečná hmotnost vozidla [kg]

m_{POHOT} ... pohotovostní hmotnost vozidla [kg]

- **Skupina kritérií jízdních parametrů**

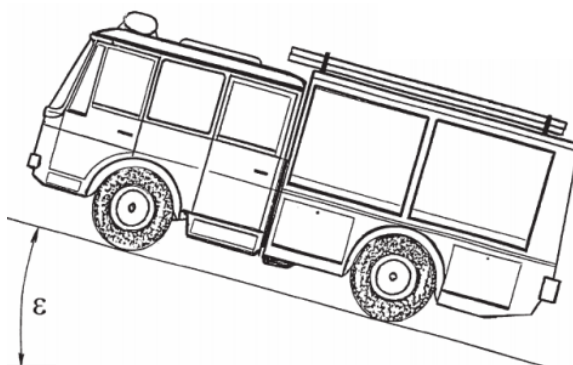
Měrný výkon [kW/t] - jde vyjádřit jako poměr maximálního výkonu motoru a celkové hmotnosti vozidla.

$$P_m = \frac{P_{MAX}}{m_{cel}} \left[\frac{kW}{t} \right] \quad (11)$$

P_{MAX} ... maximální výkon motoru [kW]

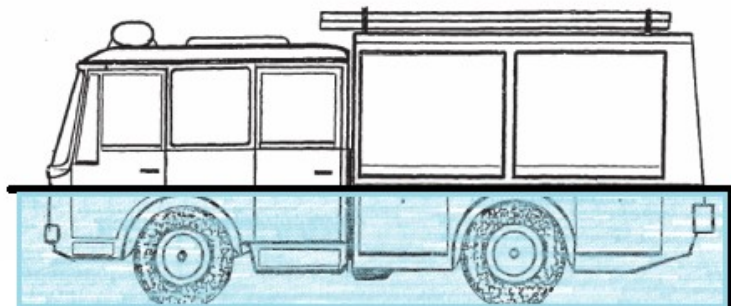
m_{CEL} ... celková hmotnost vozidla [t]

Stoupavost P [°] - „schopnost vozidla při jeho celkové hmotnosti rozjet se a zastavit se na svahu a vyjet do svahu nebo sjet ze svahu.“ [16]



Obrázek 7. Stoupavost vozidla [16]

Brodivost [mm] - jde o schopnost vozidla projet vodní překážkou o dané hloubce v milimetrech.

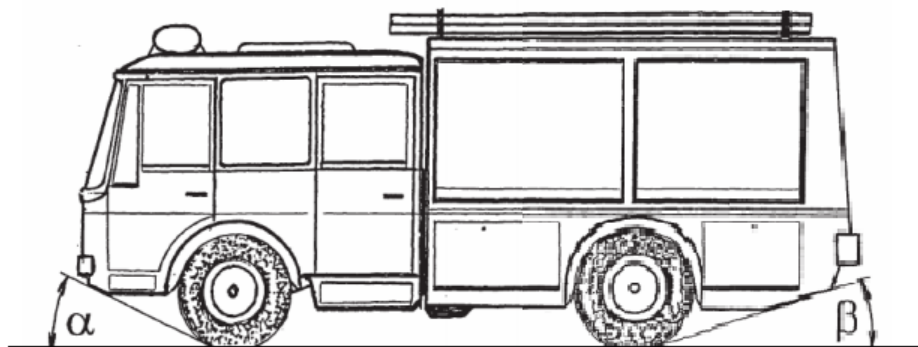


Obrázek 8. Brodivost vozidla [autor]

Nájezdový úhel

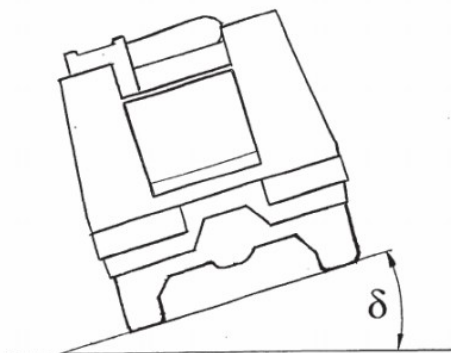
Přední α [°] - tento úhel se měří mezi vodorovnou základnou a tečnou k pneumatikám přední nápravy. Před první nápravou nesmí být žádná pevná část vozidla, která by zasahovala do těchto rovin.

Zadní β [°] - úhel je měřen mezi tečnou k pneumatikám zadní nápravy a vodorovnou základnou. Taktéž nesmí do těchto rovin zasahovat žádná pevná část vozidla, která je umístěná za zadní nápravou.



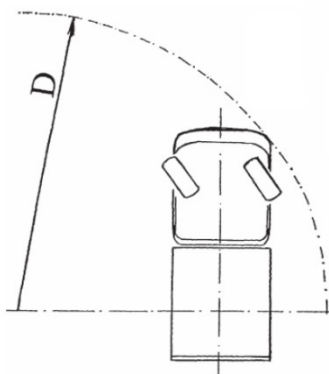
Obrázek 9. Nájezdový úhel - přední, zadní [16]

Úhel bočního naklonění δ [°] - jde o úhel, který svírá vodorovná rovina a základna. Přičemž vozidlo je nakloněno v podélné ose, tím pádem ztrácí stabilitu.



Obrázek 10. Úhel bočního naklonění [16]

Vnější obrysový průměr zatáčení D [m] - „průměr D nejmenšího pomyslného válce, ve kterém se může vozidlo otočit při max. úhlu natočení kol.“ [4]



Obrázek 11. Vnější obrysový průměr zatáčení [16]

- **Skupina kritérií komfortu při jízdě**

Pohodlí při jízdě - odpružení vozidla, odpružení kabiny, hluk v kabině, výhled z kabiny, umístění, rozměry a tvar sedáků.

Prostornost kabiny - počet sedadel pro posádku, místo pro posádku (na nohy, na ruce, hlava, atd.), místo při oblékání během jízdy a vnitřní uspořádání kabiny.

Interiér a vybavení kabiny - použitý materiál dílů kabiny, ergonomie kabiny, úložný prostor, držáky hasičského vybavení a výbava kabiny.

- **Skupina kritérií poprodejních služeb**

Cena náhradních dílů - toto kritérium je např. ovlivněno smluvními vztahy mezi zákazníkem a výrobcem - podvozku, nástavby. Cena se např. odvíjí od velikosti zakázky, náročnosti, a zdali se jedná o nového nebo stávajícího zákazníka. Jedná se o velmi individuální kritérium.

Servisní síť - jedná se o síť autorizovaných servisů pro jednotlivé konstrukční celky vozidel (motor, převodovka, podvozek, kabina, nástavba atd.).

Dostupnost náhradních dílů - pod tímto kritériem si představují prostorovou a časovou dostupnost náhradních dílů. A také podporu asistenční mobilní služby jednotlivých autorizovaných servisů.

- **Skupina kritérií CAS**

Objem nádrží voda/pěna - objem nádrží pro jednotlivé kapaliny, materiál použitý na výrobu nádrží, konstrukční řešení a umístění nádrží.

Čerpací zařízení nízkotlaké - toto kritérium označuje jednotlivé parametry: jmenovitý průtok vody, jmenovitý pracovní tlak, jmenovitou sací výšku a příslušenství nízkotlakého zařízení.

Čerpací zařízení vysokotlaké - toto kritérium označuje jednotlivé parametry: jmenovitý průtok vody, jmenovitý pracovní tlak a příslušenství vysokotlakého zařízení.

3.3 Anketa

Pro zjištění expertních dat jsem vytvořil anketu. Anketa je součástí přílohy. Anketa byla vytvořena jak v tištěné, tak elektronické verzi. Doba trvání ankety od 27.3.2015 do 26.4.2015. Prioritně byla anketa určena pro hasiče - strojníky. Před vyplněním ankety byli respondenti řádně obeznámeni s danou problematikou. Respondent stanovil váhy kritérií, váhy skupin kritérií a ohodnocení jednotlivých variant. Získaná data jsem zpracoval pomocí metod vícekritériálního rozhodování.

Respondent ohodnotil váhy kritérií a váhy skupin kritérií pomocí metody alokace 100b., kdy měl k dispozici 100b., které podle významnosti rozdělil, jak mezi kritéria, tak mezi skupiny. Jednotlivé varianty byly taktéž ohodnoceny pomocí 100 bodové stupnice. Čím vyšší kvalita-spokojenost, tím vyšší ohodnocení.

Celkově jsem rozeslal 70 anketních listů. Navráceno jich bylo od 68 respondentů. Návratnost je tedy 97,1%. První kolo proběhlo rozesílání ankety nejprve elektronicky s nízkou návratností. Ve druhém kole jsem osobně navštívil hasičské zbrojnice a oslovil jednotlivé strojníky s tištěnou verzí. Anketa byla rozesílána tak, aby co nejvíce respondentů mělo zkušenosti s provozem vozidel.

Anketa obsahuje úvodní slovo, fotogalerii vybraných vozidel, základní otázky, návod na správné vyplnění, tabulky pro ohodnocení kritérií a variant. Tabulku s technickými parametry jednotlivých vozidel.

Anketa byla sestavena tak, aby byla pro respondenty přehledná, srozumitelná a aby obsahovala pouze podstatné informace.

3.4 Metoda stavení vah kritérií

V této kapitole uvedu příklad výpočtu a stanovení vah kritérií, skupin kritérií a výsledných vah pro jednoho respondenta.

3.4.1 Alokace 100b.

Jelikož respondent hodnotil kritéria na stupnici 0-100b. musel jsem provést korekci dat.

Úprava hodnocení váhy kritéria $v_i/100$

3.4.2 Metoda postupného rozvrhu vah

Váhy skupin kritérií

$$\sum_{i=1}^n v_{i,skupiny} = 1 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^8 v_{i,skupiny} = v_{výkon} + v_{převod} + v_{konst} + v_{hmot} + v_{jízdy} + v_{komfort} + v_{služeb} + v_{CAS} = 1$$

$$\sum_{i=1}^8 v_{i,skupiny} = 0,15 + 0,05 + 0,20 + 0,05 + 0,25 + 0,05 + 0,1 + 0,15 = 1$$

Celkový počet skupin je roven osmi. Získané váhy od respondenta jsou normovány, proto je Σ rovna jedné.

Váhy kritérií v rámci skupin

$$\sum_{i=1}^n v_{výkon} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^2 v_{výkon} = v_{Pmax} + v_{Mmax} = 1$$

$$\sum_{i=1}^2 v_i = 0,55 + 0,45 = 1$$

Ve skupině výkonnostní kritérium se nachází dvě kritéria a to kritérium maximálního výkonu a kritérium maximálního točivého momentu. Získané váhy od hodnotitele jsou opět normovány a proto je opět Σ rovna jedné.

Výsledné váhy

$$v_{i,výsled} = v_{výkon} \cdot v_{Pmax} \quad (3)$$

$$v_{i,výsled} = 0,15 \cdot 0,55 = 0,0825$$

$$\sum_{i=1}^n v_{i,výsled} = 1$$

Výslednou váhu tedy získáme dle vzorce (3) a to pronásobením váhy skupiny a váhy kritéria. V rámci kontroly a úplnosti souboru kritérií musí být Σ všech výsledných vah rovna jedné.

V Tabulce 5. jsem uvedl příklad stanovení vah pro jednoho respondenta.

Skupina kritérií	Váhy skupin kritérií	Kritéria	Váhy kritérií v rámci skupin	Výsledné váhy
Výkonnostní kritérium	0.15	Max. výkon	0.55	0.0825
		Max. toč. moment	0.45	0.0675
Kritérium převodu výkonu	0.05	Převodovka	0.40	0.0200
		Vlastnosti převodovky	0.60	0.0300
Konstrukční kritérium	0.20	Koncepce náprav	0.40	0.0800
		Systém odpružení vozidla	0.40	0.0800
		Brzdový systém	0.20	0.0400
Hmotnostní kritéria	0.05	Provozní hmotnost	0.40	0.0200
		Celková hmotnost	0.60	0.0300
Kritéria jízdních parametrů	0.25	Měrný výkon	0.25	0.0625
		Stoupavost	0.15	0.0375
		Brodivost	0.15	0.0375
		Nájezdový úhel přední/zadní	0.20	0.0500
		Vnější obrysový průměr zatáčení	0.10	0.0250
		Úhel bočního naklonění	0.15	0.0375
Kritéria komfortu při jízdě	0.05	Pohodlí při jízdě	0.20	0.0100
		Prostornost kabiny	0.30	0.0150
		Interiér a vybavení kabiny	0.50	0.0250
Kritéria poprodejních služeb	0.10	Cena náhradních dílů	0.40	0.0400
		Servisní síť	0.20	0.0200
		Dostupnost náhradních dílů	0.40	0.0400
Kritérium CAS	0.15	Objem nádrží voda/pěna	0.50	0.0750
		Čerpací zařízení vysokotlaké	0.25	0.0375
		Čerpací zařízení nízkotlaké	0.25	0.0375
Σ	1	Σ	8	1

Tabulka 5. Váhy kritérií a jejich skupin [autor]

Průměrné váhy skupin kritérií

Každý respondent ohodnotil skupinu kritérií. Z tabulky průměrných hodnot skupin kritérií lze vyčíst, že nejvyšší váhu pro respondenty má výkonnostní kritérium. Celkem logicky má druhé nejvyšší průměrné ohodnocení kritérium CAS. Nejméně důležité je pro respondenty kritérium poprodejních služeb. Vysvětlení se nabízí takové, že pokud nastane porucha vozidla, strojník tento problém neřeší.

Skupina kritérií	Výkonnostní kritérium	Kritérium převodu výkonu	Konstrukční kritérium	Hmotnostní kritérium
Průměrné hodnocení	18.47059	12.11765	13.38235	8.61765
Skupina kritérií	Kritérium jízdních parametrů	Kritérium komfortu při jízdě	Kritérium poprodejních služeb	Kritérium CAS
Průměrné hodnocení	12.79412	11.83824	8.02941	14.75000

Tabulka 6. Průměrné hodnoty skupin kritérií [autor]

V příloze 3. je umístěn graf s průměrnými váhami skupin kritérií.

Průměrné váhy kritérií

Ze zjištěných výsledků lze zjistit, že nejvyšší průměrnou váhu má kritérium maximálního výkonu. Druhé nejvyšší průměrné ohodnocení má točivý moment. To potvrzuje předešlé nejvyšší průměrné ohodnocení výkonnostního kritéria. Naopak nejnižší průměrné ohodnocení mají kritéria ze skupiny kritérium jízdních parametrů a to zejména stoupavost, brodivost a nájezdový úhel (přední/zadní). Odůvodnění tohoto může například být, že vybraná vozidla se řadí do Kategorie 2 - Smíšená. CAS jsou určena pro provoz na všech komunikacích a částečně i mimo komunikace. Navíc oslovení respondenti z hasičských jednotek se nachází v oblasti, kde se nenachází těžký terén.

Kritérium	Průměrné hodnocení
Max. výkon	10.36559
Max. toč. moment	8.10500
Převodovka	5.95294
Vlastnosti převodovky	6.16471
Koncepce náprav	4.57206
Systém odpružení vozidla	3.96809
Brzdový systém	4.84221
Provozní hmotnost	4.38735
Celková hmotnost	4.23029
Měrný výkon	3.77221
Stoupavost	1.66750
Brodivost	1.53882
Nájezdový úhel přední/zadní	1.78324
Vnější obrysový průměr zatáčení	2.10706
Úhel bočního naklonění	1.92529
Pohodlí při jízdě	3.88765
Prostornost kabiny	4.81691
Interiér a vybavení kabiny	3.13368
Cena náhradních dílů	2.55779
Servisní síť	2.58441
Dostupnost náhradních dílů	2.88721
Objem nádrží voda/pěna	6.80941
Čerpací zařízení vysokotlaké	4.13250
Čerpací zařízení nízkotlaké	3.80809

Tabulka 7. Průměrné váhy kritérií [autor]

V příloze 2. je umístěn graf s průměrnými hodnotami vah kritérií.

4 Metody vícekritériálního hodnocení variant

V následující kapitole použiji pro názornou ukázkou vícekritériálních metod vždy hodnocení jednoho respondenta. Postup, výpočet, hodnocení a celkové pořadí.

4.1 Metoda váženého pořadí

Při aplikaci této metody musíme nejprve zvolit prvně pořadí jednotlivých variant. Z ankety jsem získal jednotlivé ohodnocení pro dané varianty. Poté jsem určoval jejich pořadí. Nejvyšší hodnota ohodnocení varianty při zvoleném kritériu znamená první místo v preferenčním pořadí. Nejnižší hodnota ohodnocení varianty při zvoleném kritériu znamená poslední místo v preferenčním pořadí. V tomto případě čtvrté místo. Pokud dvě varianty měly stejné a zároveň nejvyšší ohodnocení, například systém odpružení vozidla $h_{pruž}^{Tatra} = 70$ a $h_{pruž}^{Man} = 70$, dělí se o první místo $p_{pruž}^{Tatra}$ a $p_{pruž}^{Man}$ je 1,5. Viz. Tabulka 8.

Příklad výpočtu

$$h_i^j = m + 1 - p_i^j \quad (6)$$

$m = 4$... počet variant

$p_{Pmax}^{Tatra} = 1$... pořadí pro variantu Tatra u kritéria Maximálního výkonu

$$h_{Pmax}^{Tatra} = m + 1 - p_{Pmax}^{Tatra}$$

$$h_{Pmax}^{Tatra} = 4 + 1 - 1$$

$$h_{Pmax}^{Tatra} = 4$$

Vážený součet dílčích ohodnocení

Celkové ohodnocení varianty Tatra je dáno váženým součtem dílčích ohodnocení a vah kritérií podle vztahu:

$$H^j = \sum_{i=1}^n v_i \cdot h_i^j \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$v_I = 0,0825$... váha kritéria maximálního výkonu

$$H^{Tatra} = \sum_{i=1}^1 v_I \cdot h_{Pmax}^{Tatra} = 0,0825 \cdot 4 = 0,33$$

Celkový počet kritérií je 24.

$$\sum_{i=1}^{24} H^{Tatra} = 3,2575$$

Kritérium		Varianta							
Název	Váha I.	Tatra		Man		Scania		Mercedes	
		pi	hi	pi	hi	pi	hi	pi	hi
Max. výkon	0.0825	1.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0	4.0	1.0
Max. toč. Moment	0.0675	1.0	4.0	4.0	1.0	2.0	3.0	3.0	2.0
Převodovka	0.0200	2.5	2.5	1.0	4.0	2.5	2.5	4.0	1.0
Vlastnosti převodovky	0.0300	4.0	1.0	1.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0
Koncepce náprav	0.0800	1.0	4.0	3.5	1.5	3.5	1.5	2.0	3.0
Systém odpružení vozidla	0.0800	1.5	3.5	4.0	1.0	3.0	2.0	1.5	3.5
Brzdový systém	0.0400	4.0	1.0	3.0	2.0	2.0	3.0	1.0	4.0
Provozní hmotnost	0.0200	2.0	3.0	1.0	4.0	4.0	1.0	3.0	2.0
Celková hmotnost	0.0300	1.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0	4.0	1.0
Měrný výkon	0.0625	1.0	4.0	4.0	1.0	2.0	3.0	3.0	2.0
Stoupavost	0.0375	1.0	4.0	4.0	1.0	2.0	3.0	3.0	2.0
Brodivost	0.0375	1.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0	4.0	1.0
Nájezdový úhel přední/zadní	0.0500	1.0	4.0	3.5	1.5	2.0	3.0	3.5	1.5
Úhel bočního naklonění	0.0250	1.0	4.0	2.0	3.0	4.0	1.0	3.0	2.0
Vnější obrysový průměr zatáčení	0.0375	4.0	1.0	1.0	4.0	2.0	3.0	3.0	2.0
Pohodlí při jízdě	0.0100	4.0	1.0	2.5	2.5	1.0	4.0	2.5	2.5
Prostornost kabiny	0.0150	4.0	1.0	3.0	2.0	1.0	4.0	2.0	3.0
Interiér a vybavení kabiny	0.0250	4.0	1.0	2.5	2.5	1.0	4.0	2.5	2.5
Cena náhradních dílů	0.0400	1.0	4.0	3.5	1.5	2.0	3.0	3.5	1.5
Servisní síť	0.0200	4.0	1.0	2.5	2.5	2.5	2.5	1.0	4.0
Dostupnost náhradních dílů	0.0400	4.0	1.0	1.5	3.5	1.5	3.5	3.0	2.0
Objem nádrží voda/pěna	0.0750	1.0	4.0	4.0	1.0	2.5	2.5	2.5	2.5
Čerpací zařízení nízkotlaké	0.0375	1.0	4.0	2.0	3.0	3.5	1.5	3.5	1.5
Čerpací zařízení vysokotlaké	0.0375	1.0	4.0	2.5	2.5	2.5	2.5	4.0	1.0

Tabulka 8. Výsledky metody váženého pořadí - 1 respondent [autor]

V Tabulce 9. jsou vyneseny výsledné celkové ohodnocení. Pořadí se poté určí dle hodnoty celkového ohodnocení. Nejvyšší hodnota znamená první místo v celkovém pořadí. Nejnižší hodnota znamená poslední - čtvrté místo v pořadí.

Celkové ohodnocení - váhy I.	3.2575	1.9763	2.6175	2.1488
Pořadí - váhy I.	1	4	2	3

Tabulka 9. Celkové pořadí variant - Metoda váženého pořadí - 1 respondent [autor]

Jak je z použité metody patrné, nejsou respektovány difference mezi jednotlivými hodnotami kritérií. Toto hledisko lze označit jako nevýhoda zvolené metody.

4.2 Metoda založena na přímém (expertním) stanovením dílčích ohodnocení

Pro aplikaci metody založené na přímém (expertním) stanovení dílčích ohodnocení jsem data z ankety musel upravit následujícím způsobem:

Úprava dílčího ohodnocení j -té varianty vzhledem k i -tému kritériu
$$h_i^j / 100$$

Příklad výpočtu

Vážený součet dílčích ohodnocení

Celkové ohodnocení varianty Tatra je dáno váženým součtem dílčích ohodnocení a vah kritérií podle vztahu:

$$H^j = \sum_{i=1}^n v_i \cdot h_i^j \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$v_I = 0,0825$... váha kritéria maximálního výkonu

$h_{Pmax}^{Tatra} = 0,90$... dílčí ohodnocení pro variantu Tatra - kritérium Max. výkon

$$H^{Tatra} = \sum_{i=1}^1 v_I \cdot h_{Pmax}^{Tatra} = 0,0825 \cdot 0,90 = 0,0743$$

Celkový počet kritérií je 24.

$$\sum_{i=1}^{24} H^{Tatra} = 0,7722$$

Kritérium		Varianta			
Název	Váha I.	Tatra	Man	Scania	Mercedes
Max. výkon	0.0825	0.90	0.70	0.80	0.40
Max. toč. Moment	0.0675	0.80	0.30	0.64	0.35
Převodovka	0.0200	0.70	0.80	0.70	0.60
Vlastnosti převodovky	0.0300	0.50	0.85	0.70	0.75
Koncepce náprav	0.0800	0.90	0.50	0.50	0.65
Systém odpružení vozidla	0.0800	0.70	0.62	0.65	0.70
Brzdový systém	0.0400	0.40	0.70	0.80	0.85
Provozní hmotnost	0.0200	0.50	0.55	0.40	0.45
Celková hmotnost	0.0300	0.80	0.63	0.70	0.35
Měrný výkon	0.0625	0.85	0.33	0.60	0.35
Stoupavost	0.0375	1.00	0.20	0.54	0.35
Brodivost	0.0375	0.81	0.61	0.70	0.60
Nájezdový úhel přední/zadní	0.0500	0.86	0.55	0.60	0.55
Úhel bočního naklonění	0.0250	0.76	0.67	0.40	0.45
Vnější obrysový průměr zatáčení	0.0375	0.50	0.70	0.63	0.60
Pohodlí při jízdě	0.0100	0.60	0.70	0.75	0.70
Prostornost kabiny	0.0150	0.60	0.70	0.80	0.75
Interiér a vybavení kabiny	0.0250	0.40	0.80	0.85	0.80
Cena náhradních dílů	0.0400	0.69	0.40	0.45	0.40
Servisní síť	0.0200	0.39	0.80	0.80	0.86
Dostupnost náhradních dílů	0.0400	0.62	0.80	0.80	0.70
Objem nádrží voda/pěna	0.0750	1.00	0.50	0.55	0.55
Čerpací zařízení nízkotlaké	0.0375	1.00	0.63	0.45	0.45
Čerpací zařízení vysokotlaké	0.0375	1.00	0.65	0.65	0.56

Tabulka 10. Výsledky metody založené na přímém stanovení dílčích ohodnocení -1 respondent [autor]

V Tabulce 10. jsou zaznamenány hodnoty dílčího ohodnocení pro dané varianty při zvolených kritériích. Jde o názornou ukázkou pro jednoho respondenta.

Celkové ohodnocení - váhy I.	0.7722	0.5755	0.6341	0.5500
Pořadí - váhy I.	1	3	2	4

Tabulka 11. Celkové pořadí variant - Metoda založená na přímém stanovení dílčích ohodnocení -1 respondent [autor]

V Tabulce 11. jsou vyneseny výsledné celkové ohodnocení. Pořadí se poté určí dle hodnoty celkového ohodnocení. Nejvyšší hodnota znamená první místo v celkovém pořadí. Nejnižší hodnota znamená poslední - čtvrté místo v pořadí.

„Předností této metody stanovení hodnoty variant je především to, že hodnotitel může - zvláště při volbě dostatečně jemné bodové stupnice - respektovat nelinearitu závislosti dílčích ohodnocení variant na jejich důsledcích. Určitým nedostatkem této metody je i při její jednoduchosti a srozumitelnosti značná náročnost na hodnotitele. Vzhledem k tomu i validita celkového ohodnocení variant závisí především na kvalitě a kompetenci hodnotitele.“ [3]

4.3 Metoda lineárních dílčích funkcí utility

Při aplikaci metody lineárních dílčích funkcí utility musíme nejprve stanovit definiční obory dílčích funkcí utility. Horní mez definičního oboru tvoří x_i^* - nejlepší hodnota a dolní mez x_i^0 - nejhorší hodnota jednotlivých kritérií v daném souboru variant. Následně budu určovat dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím dle uvedeného vztahu:

$$h_i^j = \frac{x_i^j - x_i^0}{x_i^* - x_i^0} \quad (7)$$

Tuto metodu je vhodné použít pro kvantitativní kritéria.

Příklad výpočtu

$$h_{Pmax}^{Tatra} = \frac{x_{Pmax}^{Tatra} - x_{Pmax}^0}{x_{Pmax}^* - x_{Pmax}^0}$$

$$x_{Pmax}^{Tatra} = 0,90 \quad \dots \text{ dílčí utilita - ohodnocení}$$

$$x_{Pmax}^* = 0,99 \quad \dots \text{ horní mez intervalu - nejlepší ohodnocení}$$

$$x_{Pmax}^0 = 0,20 \quad \dots \text{ dolní mez intervalu - nejhorší ohodnocení}$$

$$h_{Pmax}^{Tatra} = \frac{0,90 - 0,20}{0,99 - 0,20} = 0,8861$$

Vážený součet dílčích ohodnocení

Celkové ohodnocení varianty Tatra je dáno váženým součtem dílčích ohodnocení a vah kritérií podle vztahu:

$$H^j = \sum_{i=1}^n v_i \cdot h_i^j \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$H^{Tatra} = \sum_{i=1}^1 v_{i.} \cdot h_{pmax}^{Tatra} = 0,0825 \cdot 0,8861 = 0,0731$$

Celkový počet kritérií je 24.

$$\sum_{i=1}^{24} H^{Tatra} = 1,295$$

Kritérium				Varianta			
Název	Váha I.	Min	Max	Tatra	Man	Scania	Mercedes
Max. výkon	0.0825	0.2	0.99	0.8861	0.6329	0.7595	0.1013
Max. toč. Moment	0.0675	0.01	0.8	1.0000	0.3671	0.7975	0.0044
Převodovka	0.0200	0.01	0.99	0.7041	0.8061	0.7041	0.0061
Vlastnosti převodovky	0.0300	0.01	0.99	0.5000	0.8571	0.7041	0.0077
Koncepce náprav	0.0800	0.01	0.98	0.9175	0.5052	0.5052	0.0067
Systém odpružení vozidla	0.0800	0.01	0.5	1.4082	1.2449	1.3061	0.0143
Brzdový systém	0.0400	0.01	0.98	0.4021	0.7113	0.8144	0.0088
Provozní hmotnost	0.0200	0.01	0.99	0.5000	0.5510	0.3980	0.0046
Celková hmotnost	0.0300	0.01	0.99	0.8061	0.6327	0.7041	0.0036
Měrný výkon	0.0625	0.1	0.95	0.8824	0.2706	0.5882	0.0412
Stoupavost	0.0375	0.01	0.3	3.4138	0.6552	1.8276	0.0121
Brodivost	0.0375	0.01	0.3	2.7586	2.0690	2.3793	0.0207
Nájezdový úhel přední/zadní	0.0500	0.01	0.3	2.9310	1.8621	2.0345	0.0190
Úhel bočního naklonění	0.0250	0.01	0.58	1.3158	1.1579	0.6842	0.0079
Vnější obrysový průměr zatáčení	0.0375	0.01	0.4	1.2564	1.7692	1.5897	0.0154
Pohodlí při jízdě	0.0100	0.1	0.98	0.5682	0.6818	0.7386	0.0795
Prostornost kabiny	0.0150	0.01	0.6	1.0000	1.1695	1.3390	0.0127
Interiér a vybavení kabiny	0.0250	0.01	0.5	0.7959	1.6122	1.7143	0.0163
Cena náhradních dílů	0.0400	0.01	0.98	0.7010	0.4021	0.4536	0.0041
Servisní síť	0.0200	0.01	0.5	0.7755	1.6122	1.6122	0.0176
Dostupnost náhradních dílů	0.0400	0.01	0.98	0.6289	0.8144	0.8144	0.0072
Objem nádrží voda/pěna	0.0750	0.2	0.98	1.0256	0.3846	0.4487	0.1410
Čerpací zařízení nízkořtlaké	0.0375	0.01	0.4	2.5385	1.5897	1.1282	0.0115
Čerpací zařízení vysokotlaké	0.0375	0.01	0.4	2.5385	1.6410	1.6410	0.0144

Tabulka 12. Výsledky metody lineárních dílčích funkcí utility -1 respondent [autor]

V Tabulce 12. jsou zaznamenány hodnoty dílčího ohodnocení pro dané varianty při zvolených kritériích. Jde o názornou ukázkou pro jednoho respondenta.

Celkové ohodnocení - váhy I.	1.2958	0.9203	1.0220	0.0305
Pořadí - váhy I.	1	3	2	4

Tabulka 13. Celkové pořadí variant - Metoda lineárních dílčích funkcí utility -1 respondent [autor]

V Tabulce 13. jsou vyneseny výsledné celkové ohodnocení. Pořadí se poté určí dle hodnoty celkového ohodnocení. Nejvyšší hodnota znamená první místo v celkové pořadí. Nejnižší hodnota znamená poslední - čtvrté místo v pořadí.

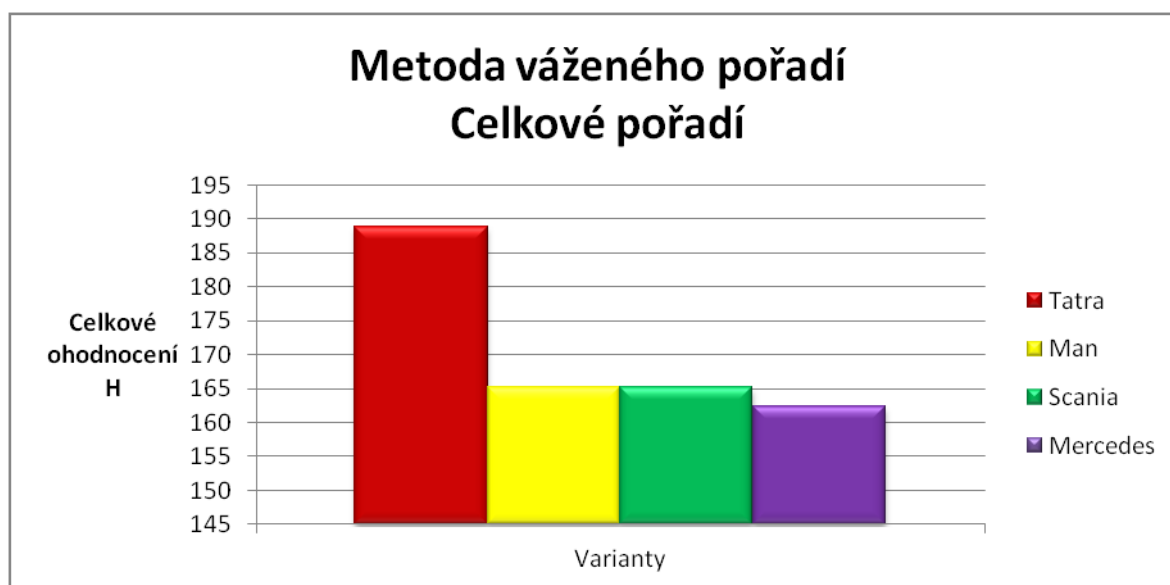
4.4 Metody vícekritériálního hodnocení variant - celkové výsledky

V této kapitole jsou zpracována data do grafů a tabulek získaná pomocí ankety. Zpracování jsem provedl pomocí třech metod, které jsem v předešlé kapitole prakticky vysvětlil na jednom respondentu. Analogicky jsem zpracoval všech 68 respondentů.

4.4.1 Metoda váženého pořadí

Aplikací metody váženého pořadí bylo zjištěno nejvyšší celkové hodnocení pro variantu Tatra. Velice vyrovnané výsledky mají varianty Man a Scania. Rozdíl celkového hodnocení těchto variant je 0,036. Nejhoršího výsledku dosáhla varianta Mercedes.

Metoda váženého pořadí je na úkor hrubých výsledků velmi rychlá a nenáročná na rozhodovatele. Z mého hlediska byla tato metoda pro mne, jako autora diplomové práce, nejvíce náročná. Nejprve jsem musel provést dílčí hodnocení variant a následně vytvořit preferenční pořadí variant u všech 68 respondentů.



Graf 2. Metoda váženého pořadí variant - Celkové pořadí [autor]

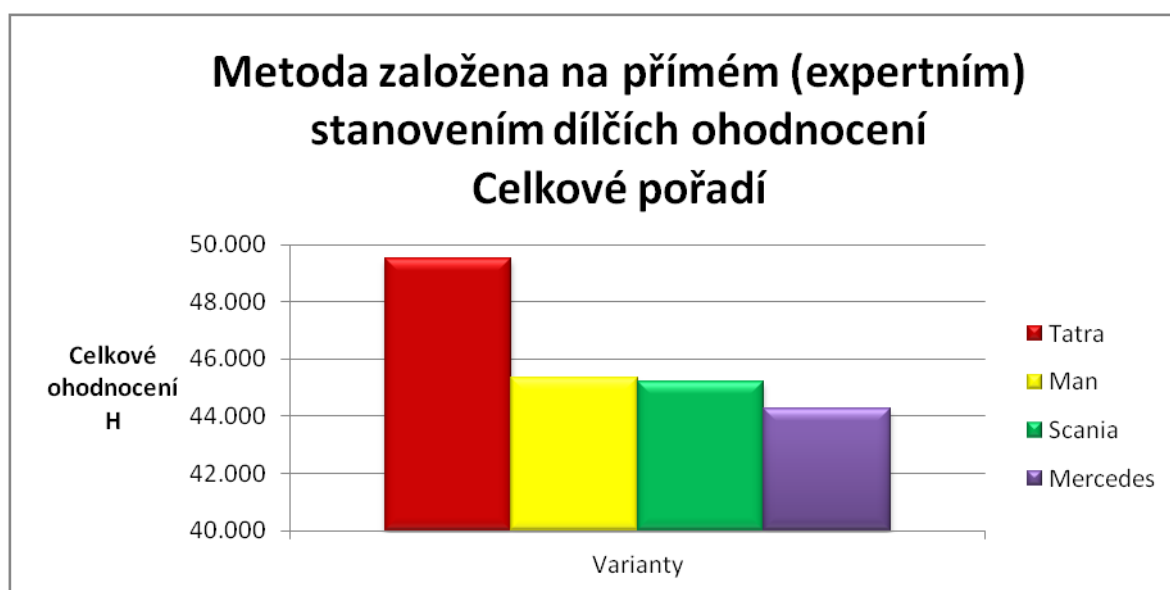
Varianta	H- Celkové ohodnocení	Celkové pořadí
Tatra	188.827	1
Man	165.081	2
Scania	165.045	3
Mercedes	162.400	4

Tabulka 14. Metoda váženého pořadí variant - Celkové pořadí [autor]

4.4.2 Metoda založena na expertním stanovení dílčích ohodnocení

Při aplikaci této metody byly zjištěny výsledky, které jsou jak v grafické, tak v tabulkové podobě. Opět první místo získala varianta Tatra s celkovým ohodnocením 49,516. Vyrovnaný výsledek a opět minimální rozdíl. To jsou varianty Man a Scania. Celkově má Man o 0,144 vyšší ohodnocení. Poslední místo zaujímá varianta Mercedes.

Metoda založena na expertním stanovení dílčích ohodnocení je velice náročná pro hodnotitele. Ten musel v anketě ohodnotit 4 varianty, které byly rozebírány pro 24 kritérií. Celkově bylo vyplnění ankety velice časově náročné, ale i přesto byla návratnost vysoká - 97,1%.



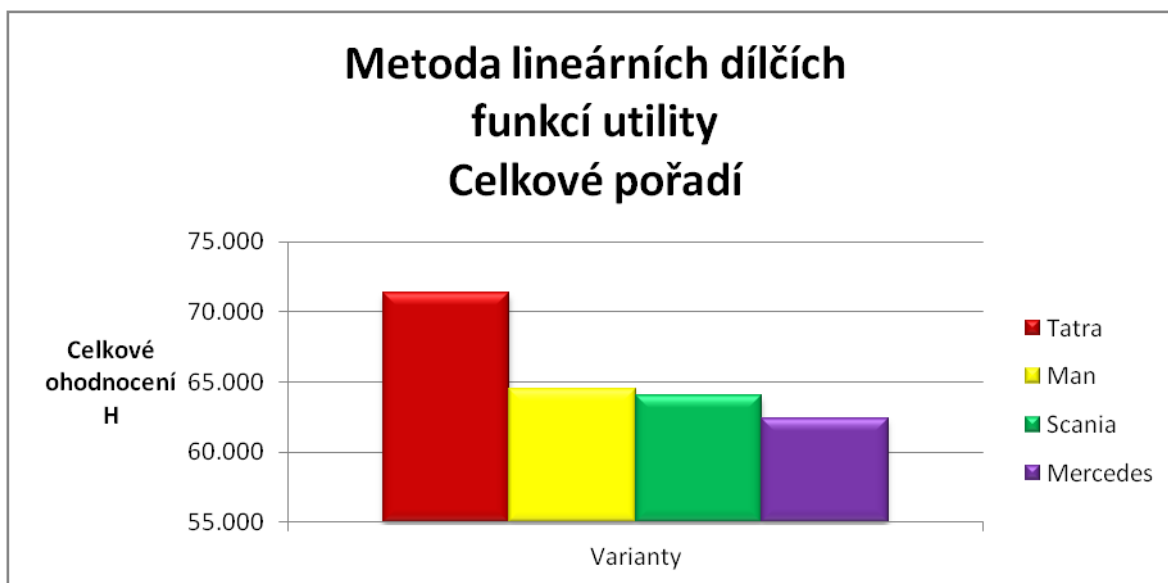
Graf 3. Metoda založena na expertním stanovení dílčích ohodnocení - Celkové pořadí [autor]

Varianta	H - Celkové ohodnocení	Celkové pořadí
Tatra	49.516	1
Man	45.325	2
Scania	45.181	3
Mercedes	44.267	4

Tabulka 15. Metoda založena na expertním stanovení dílčích ohodnocení - Celkové pořadí [autor]

4.4.3 Metoda lineárních dílčích funkcí utility

Poslední vícekritériální metodou pro zjištění vhodného vozidla byla metoda lineárních dílčích funkcí utility. Výsledné hodnoty jsou graficky zaznačeny v Grafu 4. I při aplikaci poslední metody jsem zjistil stejné pořadí. První místo pro variantu Tatra. Na druhém místě opět varianta Man. S minimálním odstupem 0,532 varianta Scania. Poslední místo obsadila varianta Mercedes.

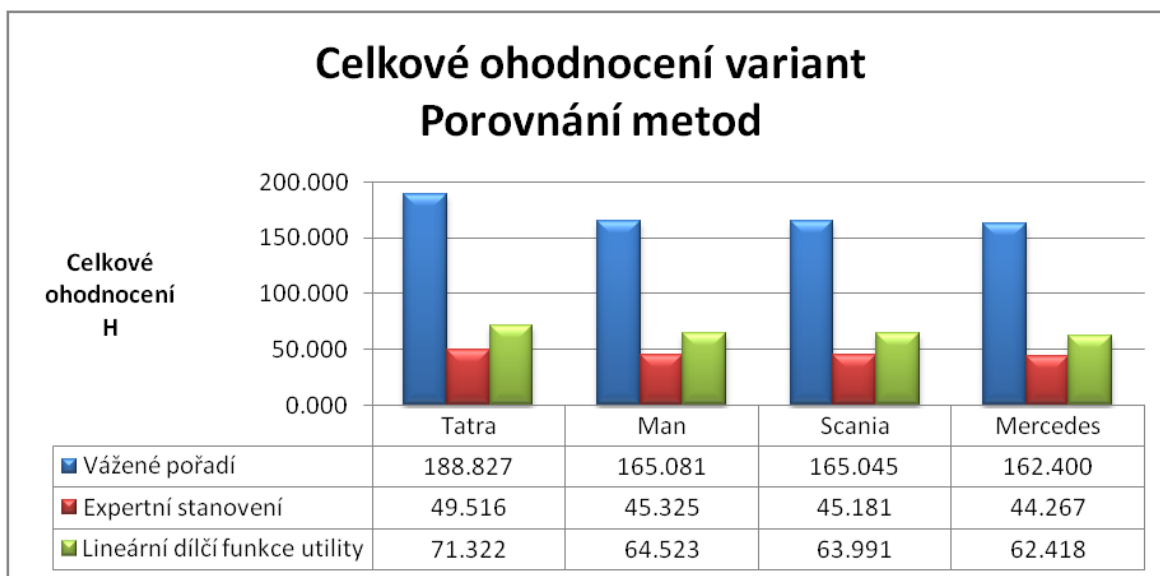


Graf 4. Metoda lineárních dílčích funkcí utility - Celkové pořadí [autor]

Varianta	H - Celkové ohodnocení	Celkové pořadí
Tatra	71.322	1
Man	64.523	2
Scania	63.991	3
Mercedes	62.418	4

Tabulka 16. Metoda lineárních dílčích funkcí utility - Celkové pořadí [autor]

4.4.4 Porovnání výsledků



Graf 5. Celkové ohodnocení variant - Porovnání metod [autor]

Aplikoval jsem tři vícekritériální metody pro výběr vhodného typ těžkého nákladního vozidla pro vybrané zákazníky. V Grafu 5. jsou porovnány jednotlivé metody mezi sebou. Z výsledných statistických dat vyplývá, že varianta Tatra se pokaždé umístila

na prvním místě. Nejvyššího hodnocení a nejvyšší rozdíl poté dosáhla Tatra při metodě váženého pořadí. Velice těsných výsledků dosáhly varianty Man a Scania. První jmenována vždy dosáhla druhého místa pomocí všech metod. Rozdíl byl vždy minimální. Poslední místo obsadila varianta Mercedes.

Varianta	Vážené pořadí	Expertní stanovení	Lineární dílčí funkce utility
Tatra	1	1	1
Man	2	2	2
Scania	3	3	3
Mercedes	4	4	4

Tabulka 17. Preferenční uspořádání variant podle jednotlivých metod [autor]

4.5 Vyhodnocení variant

Pomocí vícekritériálních metod jsem určil nejlepší variantu pro vybrané zákazníky. V následující kapitole se zaměřím na jednotlivé varianty a jejich silné a slabé stránky. Pokud má varianta slabou stránku, pokusím se navrhnout vylepšení.

V Tabulce 18. jsou zaznamenány celkové ohodnocení jednotlivých variant pro daná kritéria, které jsem získal pomocí metody založené na expertním stanovení dílčích ohodnocení. Dále jsem zde zvýraznil hodnoty s **vysokým** a **nízkým** ohodnocením. Hodnoty s vysokým hodnocením varianty při daném kritériu značí silné stránky této varianty. Hodnoty s nízkým hodnocením varianty při daném kritériu značí slabé stránky této varianty. Například mezi slabé stránky u varianty Tatra patří vlastnosti převodovky a brzdový systém. Vyjmenovat můžu také například silné stránky varianty Man. Jsou to měrný výkon, brodivost, prostornost kabiny atd.

H_i ... celkové ohodnocení i-té varianty

0,12 ... označení pro variantu s vysokým ohodnocením

0,12 ... označení pro variantu s nízkým ohodnocením

Kritérium	Varianta			
	Tatra	Man	Scania	Mercedes
	Hi	Hi	Hi	Hi
Max. výkon	5.6905	4.6821	5.3059	4.5294
Max. toč. Moment	4.2432	3.8527	3.3267	3.1865
Převodovka	2.8942	2.9334	2.5970	2.8235
Vlastnosti převodovky	2.6120	2.7481	2.6688	3.0839
Koncepce náprav	2.3758	1.8537	2.0571	2.1052
Systém odpružení vozidla	2.0902	1.7367	1.8140	1.6885
Brzdový systém	2.1724	2.1423	2.2140	2.2185
Provozní hmotnost	2.1681	1.9182	2.0664	1.9834
Celková hmotnost	2.0655	1.6785	1.7330	1.9711
Měrný výkon	1.9984	1.4189	1.7413	1.4917
Stoupavost	0.8873	0.6788	0.6306	0.7168
Brodivost	0.8281	0.7123	0.7787	0.6647
Nájezdový úhel přední/zadní	0.9263	0.7965	0.7496	0.7252
Úhel bočního naklonění	0.9895	0.7966	0.8906	0.8607
Vnější obrysový průměr zatáčení	0.8905	0.9276	0.7511	0.8500
Pohodlí při jízdě	1.7539	1.9352	1.6424	1.7121
Prostornost kabiny	2.2079	2.2149	2.1454	2.0982
Interiér a vybavení kabiny	1.5356	1.3662	1.3434	1.4322
Cena náhradních dílů	1.1379	1.0782	1.1957	1.0188
Servisní síť	1.3058	1.2135	1.1197	1.0330
Dostupnost náhradních dílů	1.4370	1.4451	1.3507	1.1854
Objem nádrží voda/pěna	3.2383	3.3342	3.2225	3.1944
Čerpací zařízení nízkotlaké	2.0917	2.0447	1.9926	1.9036
Čerpací zařízení vysokotlaké	1.9763	1.8169	1.8439	1.7901

Tabulka 18. Celkové ohodnocení variant [autor]

4.5.1 Vyhodnocení CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2

Silné stránky	Slabé stránky
Max. výkon	Vlastnosti převodovky
Max. toč. moment	Brzdový systém
Koncepce náprav	
Systém odpružení vozidla	
Provozní hmotnost	
Celková hmotnost	
Měrný výkon	
Stoupavost	
Brodivost	
Nájezdový úhel přední/zadní	
Úhel bočního naklonění	
Interiér a vybavení kabiny	
Servisní síť	
Čerpací zařízení nízkotlaké	
Čerpací zařízení vysokotlaké	

Tabulka 19. Silné a slabé stránky varianty Tatra [autor]

Z Tabulky 19. můžeme vidět, že vozidlo Tatra má u většiny kritérií nejvyšší hodnocení. U výkonnostní skupiny kritérií, která zahrnuje P_{\max} a $M_{M\max}$, jasně T815-2

dominuje. Navíc pro respondenty je nejvíce důležitá skupina výkonnostní kritérií. Konkrétně parametr P_{\max} . Celkově ze všech hodnocených kritérií u všech variant má nejvyšší hodnotu $H_{P_{\max}}^{\text{Tatra}} = 5,6905$. Pokud srovnám jednotlivé maximální výkony u všech vozidel nejvyšší hodnotu má Tatra $P_{\max}=325[\text{kW}]$.

Další skupina kritérií, ve které má „Tatrovka“ vynikající hodnocení je kritérium jízdních parametrů. Tato skupina obsahuje šest kritérií, přitom rovnou u pěti má Tatra nejvyšší hodnocení (měrný výkon, stoupavost, brodivost, nájezdový úhel přední/zadní a úhel bočního naklonění). Vnější obrysový průměr zatáčení je taktéž velice dobře ohodnocen.

Překvapivě nejvyšší hodnocení patří T815-2 i u kritéria interiér a vybavení kabiny. Vozidlo se vyrábí již od roku 1983. Kabina sice prošla v roce 2010 modernizací, ale nedosahuje takových kvalit ve zpracování, použitých materiálech a designu jako u konkurenčních vozidel.

Z výsledků můžeme usoudit, že cisternová automobilová stříkačka je u hasičů velice oblíbená a dobře hodnocena, ale přece se našly slabé stránky. Mezi ně patří brzdový systém a vlastností převodovky. Přičemž vlastnosti převodovky jsou ze všech vozidel hodnoceny nejméně. $H_{vl.převod}^{\text{Tatra}} = 2,6120$. Brzdový systém je u vozidla tvořen bubnovými brzdami, navrhl bych nahrazení za kotoučové, které jsou jednodušší, přesnější, výkonnější a spolehlivější.

4.5.2 Vyhodnocení CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4

Silné stránky	Slabé stránky
Max. toč. moment	Koncepce náprav
Převodovka	Brzdový systém
Vlastnosti převodovky	Provozní hmotnost
Nájezdový úhel přední/zadní	Celková hmotnost
Vnější obrysový průměr zatáčení	Měrný výkon
Pohodlí při jízdě	Úhel bočního naklonění
Prostornost kabiny	
Servisní síť	
Dostupnost náhradních dílů	
Objem nádrží voda/pěna	
Čerpací zařízení nízkotlaké	

Tabulka 20. Silné a slabé stránky variant Man [autor]

Druhou nejvýše ohodnocenou variantou se stala CAS Man TGM 4x4. Vozidlo se umístilo při aplikaci vícekritériálních metod vždy na druhém místě. Rozdíl mezi druhým Manem a třetí Scanií byl však pokaždé minimální - jednalo se o desetiny.

Mezi respondenty u kritéria převodu výkonu jasně vyhrává vozidlo Man. Převodovka a vlastnosti převodovky dostaly nejvyšší hodnocení. O přenos výkonu se stará v případě této varianty převodovka od renomovaného výrobce ZF.

Co se týče skupiny kritérií komfortu při jízdě, vozidlo Man je v tom ohledu nejvíce hodnoceno hned u dvou ze tří kritérií této skupiny. Jsou to kritéria pohodlí při jízdě a prostornost kabiny ($H_{pohodlí}^{Man} = 1,9352$ a $H_{prostor}^{Man} = 2,2149$).

Mezi slabé stránky patří skupina kritérií hmotností a také kritérium měrného výkonu. Úzce s těmito parametry souvisí i maximální výkon motoru. Pokud porovnáme celkové hmotnosti vozidel Tatra, Man, Scania - hmotnost je stejná. Mercedes-Benz Atego má menší hmotnost a spadá do nižší hmotnostní kategorie. Avšak max. výkon motoru má nejnižší hodnotu u tohoto vozidla - Tatra i Scania mají vyšší výkon. Závěrem lze tedy dodat, že měrný výkon u Atega (poměr max. výkonu motoru a hmotnosti vozidla) je nejmenší ze zvolených hasičských vozidel. A proto je taktéž celkově ohodnocen malou hodnotou. V tomto případě bych navrhl vozidlo osadit silnějším motorem. Man nabízí silnější variantu a to motor o objemu 6 871 [cm³] s maximálním výkonem motoru 250 [kW].

Jako u předchozí varianty Tatra jsou velice málo hodnoceny brzdy. Proto bych doporučil výměnu bubnových brzd za brzdy kotoučové. Tyto brzdové jednotky jsou výkonnější, spolehlivější a přesnější.

4.5.3 Vyhodnocení CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4

Silné stránky	Slabé stránky
Max. výkon	Převodovka
Systém odpružení vozidla	Stoupavost
Brzdový systém	Vnější obrysový průměr zatáčení
Provozní hmotnost	Pohodlí při jízdě
Měrný výkon	Interiér a vybavení kabiny
Brodivost	
Úhel bočního naklonění	
Cena náhradních dílů	

Tabulka 21. Silné a slabé stránky varianty Scania [autor]

Cisternová automobilová stříkačka Scania P360 4x4 se umístila po zpracování dat získaných anketou vždy jako třetí v pořadí. Rozdíly ohodnocení variant Scania a Man však byly zanedbatelné.

Mezi silné stránky patří například max. výkon motoru a měrný výkon. Avšak nejvíce ohodnocené kritérium ze všech variant má CAS Scania u cen náhradních dílů.

$H_{cenaND}^{Scania} = 1,1957$. Vysoké ohodnocení získalo i kritérium brzdového systému.

Naopak mezi slabiny vozidla Scania dle respondentů patří skupina kritérií komfortu při jízdě, kde dvě z tří kritérií (pohodlí při jízdě a interiér a vybavení kabiny) získaly velice nízké hodnocení. Navíc kritérium prostornosti kabiny má při porovnání všech variant spíše nižší hodnotu celkového ohodnocení. Zde bych navrhl zaměřit se na výbavu, použitý materiál, kvalitu zpracování, odkládací prostory, atd.

4.5.4 Vyhodnocení CAS 20/4000/240 - M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4

Vozidlo Mercedes Benz Atego vyšlo ze všech variant v celkovém hodnocení nejhůře. Odůvodnění může být následující. Hmotnostně vozidlo spadá do nižší kategorie hmotností, má nejméně výkonný motor. Od toho se odvíjí i měrný výkon. Jedním z důvodů může být také i nejmenší objem nádrže pro vodu.

Nejvyšší ohodnocení dosáhla CAS ATEGO u kritéria vlastnosti převodovky.

$H_{vlast.převod}^{Mercedes} = 3,0839$. Je to dokonce nejvyšší ohodnocení ze všech variant.

Mezi slabé stránky patří kritérium CAS, kde již jsem zmínil např. malý objem nádrže na vodu a na pěnídlo. Velice špatně dopadla skupina kritérií poprodejních služeb (cena náhradních dílů, dostupnost náhradních dílů a servisní síť).

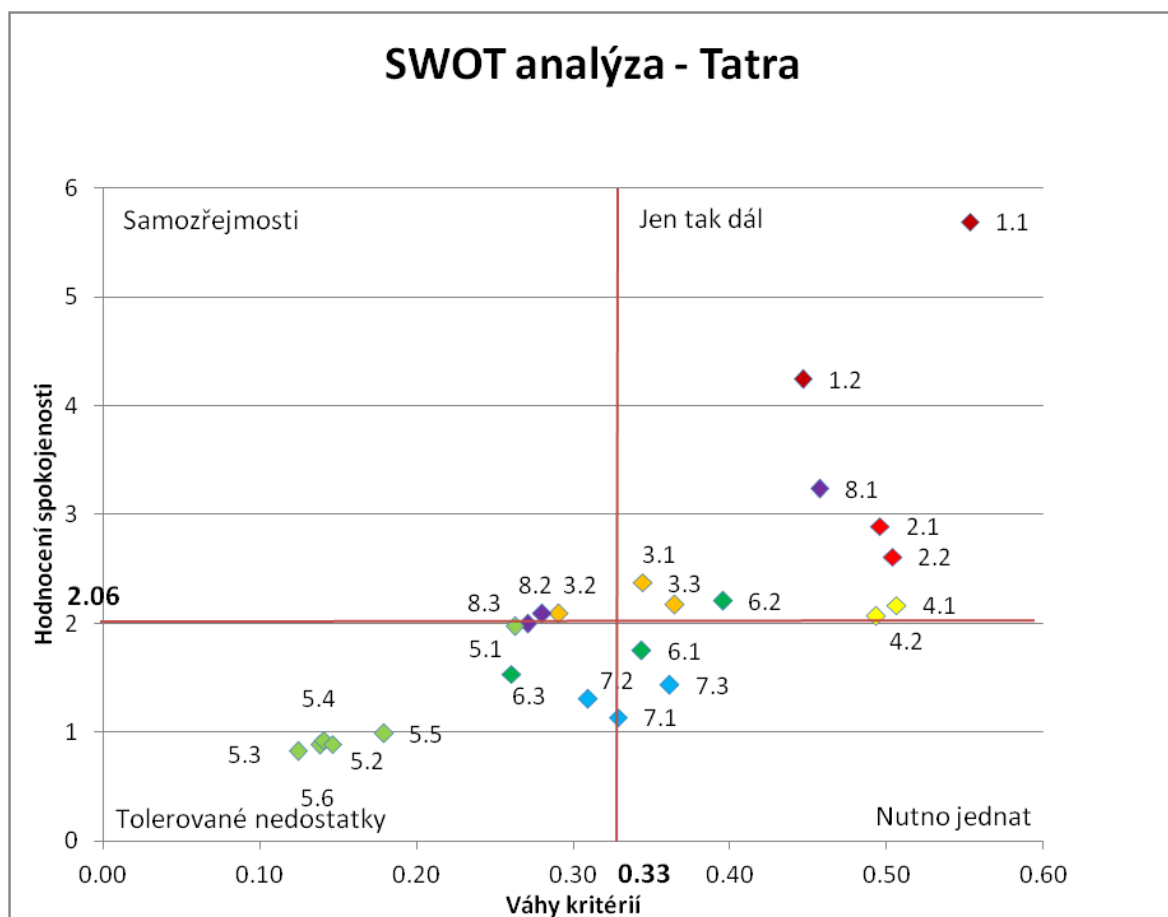
Pokud se zaměříme na výsledky posledních šesti kritérií u poslední varianty můžeme si všimnout, že mají ze všech variant nejnižší hodnotu. Nabízí se také možnost, že respondent při vyplňování ankety byl na závěr již značně unaven, proto mohl poslední kritéria „odbýt“. Proto nemusí mít poslední dvě skupiny kritérií, poprodejních služeb a kritérium CAS, u varianty Mercedes vypovídající hodnotu.

Silné stránky	Slabé stránky
Vlastnosti převodovky	Max. výkon
Koncepce náprav	Max. toč. Moment
Brzdový systém	Systém odpružení vozidla
Celková hmotnost	Brodivost
Stoupavost	Nájezdový úhel přední/zadní
Interiér a vybavení kabiny	Prostornost kabiny
	Cena náhradních dílů
	Servisní síť
	Dostupnost náhradních dílů
	Objem nádrží voda/pěna
	Čerpací zařízení nízkotlaké
	Čerpací zařízení vysokotlaké

Tabulka 22. Silné a slabé stránky varianty Mercedes [autor]

4.6 SWOT analýza

Aplikací vícekritériálních metod jsem vybral nejlepší variantu pro vybrané zákazníky - hasiče. Jedná se o CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2. V následující kapitole provedu SWOT analýzu pro toto vozidlo.



Graf 6. SWOT analýza - Tatra [autor]

1.1	Max. výkon	4.2	Celková hmotnost	6.2	Prostornost kabiny
1.2	Max. toč. moment	5.1	Měrný výkon	6.3	Interiér a vybavení kabiny
2.1	Převodovka	5.2	Stoupavost	7.1	Cena náhradních dílů
2.2	Vlastnosti převodovky	5.3	Brodivost	7.2	Servisní síť
3.1	Koncepce náprav	5.4	Nájezdový úhel přední/zadní	7.3	Dostupnost náhradních dílů
3.2	Systém odpružení vozidla	5.5	Vnější obrysový průměr zatáčení	8.1	Objem nádrží voda/pěna
3.3	Brzdový systém	5.6	Úhel bočního naklonění	8.2	Čerpací zařízení vysokotlaké
4.1	Provozní hmotnost	6.1	Pohodlí při jízdě	8.3	Čerpací zařízení nízkotlaké

Na Grafu 6. jsou formou SWOT analýzy zpracovány souhrnné výsledky hodnocení CAS Tatra T815-2. V oblasti „Tolerované nedostatky“ se především nachází kritéria ze skupiny jízdních parametrů. Tyto kritéria jsou hodnocena podprůměrně a navíc jejich důležitost z hlediska respondentů je malá.

V oblasti „Jen tak dál“ se umístili kritéria max. výkon, max. točivý moment motoru a také například objem nádrží voda/pěna. Jedná se o kritéria, která jsou pro respondenty velice důležitá. Z pohledu varianty Tatra jsou tyto kritéria vysoce ohodnocena.

U oblasti „Nutno jednat“ se zaměřím na kritérium dostupnost náhradních dílů. Toto kritérium je u respondentů velice důležité, avšak v případě varianty Tatra je hodnocení velice nízké.

Oblast „Samozřejmosti“ zde jsou umístěna kritéria, která mají nízkou důležitost pro respondenta, ale vysoké ohodnocení vozidla Tatra. Patří sem například čerpací zařízení nízkotlaké a čerpací zařízení vysokotlaké.

5. ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Diplomová práce má zaměření na vícekritériální rozhodování. Výběr variant byl soustředěn na cisternové automobilové stříkačky. Kritéria pro hodnocení variant byla konzultována strojníkem profesionální hasičské jednotky. Tato kritéria byly dle příbuznosti umístěny do skupin. Stěžejním bodem bylo vytvoření ankety, pomocí níž jsem mohl získat potřebná data. Následně jsem na tato data aplikoval vícekritériální metody. Výsledky a porovnání hodnot jednotlivých vícekritériálních metod jsou uvedeny v kapitole 3.6. V následující kapitole jsem provedl rozbor slabých a silných stránek každé varianty. U nejlepší varianty - vozidla Tatra 815-2 jsem provedl SWOT analýzu.

Anketa byla prioritně vytvořena pro strojníky, kteří mají nejvíce zkušeností s provozem cisternové automobilové stříkačky. Tito respondenti ohodnotili skupiny kritérií, jednotlivá kritéria a varianty. Součástí ankety byly i doplňující otázky.

Vícekritériální metody určily pořadí jednotlivých variant. Aplikoval jsem tři metody a vždy se stejným výsledným pořadím. Poslední místo obsadila varianta Mercedes Benz Atego. Tato varianta mohla být znevýhodněna, jelikož vozidlo spadá do kategorie M - nižší hmotnostní třída oproti ostatním variantám - třída S. Dalším důvodem může být slabší výkon motoru. Vozidlo však nabízí kvalitní převodovku, dostatečně účinný brzdový systém, širokou výbavu a kvalitně zpracovaný interiér. Třetí místo obsadila cisternová automobilová stříkačka Scania P360 4x4. S tímto vozidlem však měli respondenti nejméně zkušeností. Je dost pravděpodobné, že pokud by mělo více respondentů zkušenosti s tím vozidlem, umístilo by se na vyšší pozici. Maximální výkon motoru, provozní hmotnost a měrný výkon jsou silné stránky tohoto automobilu. Slabšího ohodnocení dosáhla Scania u skupiny komfortu při jízdě. Druhé místo, ale vždy s minimálním rozdílem, obsadila varianta Man TGM 4x4. Toto vozidlo pohání slabší motor, což pokládám spolu s vysokou hmotností za slabinu. Jak jsem uvedl v kapitole 3.7.2, doporučil bych vozidlo osadit silnějším motorem. Mezi kladně hodnotící kritéria můžeme zařadit kritéria komfortu při jízdě. Varianty Man a Scania, jak bylo uvedeno dosáhly podobných hodnot s minimálními rozdíly. Proto bych navrhl podrobnější analýzu - vícekritériální výběr těchto dvou variant za použití dalších možných metod manažerského rozhodování.

První místo s velkým náskokem obsadila varianta Tatra T815-2. Vozidlo kromě dvou kritérií (vlastnosti převodovky a brzdový systém) dosáhlo nejvyšší ohodnocení. Maximální výkon motoru, měrný výkon, kritérium CAS a skupina jízdních parametrů, to jsou hlavní trumfy „Tatrovky“. Vozidlo prošlo v roce 2010 modernizací, ale vyrábí se už od

roku 1983. Podle mého názoru se jedná o kvalitní vozidlo s výbornými jízdními vlastnostmi, s dlouholetou tradicí a mezi uživateli je velice oblíbené. Ostatní porovnávaná vozidla jsou o 20let mladší, přesto nedosahují takové kvality jak Tatra T815-2. Pro toto vozidlo jsem vytvořil i SWOT analýzu, kde jsem graficky znázornil silné a slabé stránky automobilu. Nejvhodnější vozidlo pro hasiče je cisternová automobilová stříkačka CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2.

Ve své práci jsem, v souladu se zadáním, popsal problematiku vícekritériálního rozhodování. Popsal kritéria a charakterizoval jednotlivé varianty. Vytvořil jsem anketu a získané data pomocí vícekritériální metod zpracoval. Výsledky tabulkově zpracoval a graficky porovnal. Dále jsem vyhodnotil jednotlivé varianty a pro nejlepší variantu stanovil SWOT analýzu. Cíl diplomové práce stanovený zadáním byl v plném rozsahu splněn.

Seznam použitých zkratk a symbolů

P_{MAX}	[kW]	Maximální výkon motoru
M_M	[Nm]	Maximální moment motoru
P_M	[kW/t]	Měrný výkon
P	[°]	Stoupavost vozidla
α	[°]	Přední nájezdový úhel
β	[°]	Zadní nájezdový úhel
δ	[°]	Úhel bočního naklonění
D	[m]	Vnější obrysový průměr zatáčení
CAS		Cisternová automobilová stříkačka
SWOT		Analýza Strengths (silné stránky), Weaknesses (slabé stránky), Opportunities (příležitosti), Threats (hrozby).

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1. Grafické řešení SWOT analýzy	18
Obrázek 2. CAS 20/4600/300 - S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2	20
Obrázek 3. CAS 20/4700/300 - S 2 Z Man TGM 4X4	22
Obrázek 4. CAS 20/4200/300 - S 2 Z Scania P360 4X4	25
Obrázek 5. CAS 20/4000/240 - M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4 ..	27
Obrázek 6. Klikový mechanismus	30
Obrázek 7. Stoupavost vozidla	31
Obrázek 8. Brodivost vozidla	31
Obrázek 9. Nájezdový úhel - přední, zadní	32
Obrázek 10. Úhel bočního naklonění	32
Obrázek 11. Vnější obrysový průměr zatáčení	33

Seznam tabulek

Tabulka 1. Technické parametry CAS 20/4600/300 S 2 Z Tatra T815-2 4X4.2	21
Tabulka 2. Technické parametry CAS 20/4700/300 S 2 Z Man TGM 4X4	24
Tabulka 3. Technické parametry CAS 20/4200/300 S 2 Z Scania P360 4X4	26
Tabulka 4. Technické parametry CAS 20/4000/240 M 2 Z MERCEDES-BENZ ATEGO 4X4	28
Tabulka 5. Váhy kritérií a jejich skupin	36
Tabulka 6. Průměrné hodnoty skupin kritérií	36
Tabulka 7. Průměrné váhy kritérií	37
Tabulka 8. Výsledky metody váženého pořadí - 1 respondent	39
Tabulka 9. Celkové pořadí variant - Metoda váženého pořadí - 1 respondent	39
Tabulka 10. Výsledky metody založené na přímém stanovení dílčích ohodnocení -1 respondent	40
Tabulka 11. Celkové pořadí variant - Metoda založená na přímém stanovení dílčích ohodnocení -1 respondent	41
Tabulka 12. Výsledky metody lineárních dílčích funkcí utility - 1 respondent	42
Tabulka 13. Celkové pořadí variant - Metoda lineárních dílčích funkcí utility -1 respondent	42
Tabulka 14. Metoda váženého pořadí variant - Celkové pořadí	43
Tabulka 15. Metoda založena na expertním stanovení dílčích ohodnocení - Celkové pořadí	44
Tabulka 16. Metoda lineárních dílčích funkcí utility - Celkové pořadí	45
Tabulka 17. Preferenční uspořádání variant podle jednotlivých metod	46
Tabulka 18. Celkové ohodnocení variant	47
Tabulka 19. Silné a slabé stránky varianty Tatra	47
Tabulka 20. Silné a slabé stránky varianty Man	48
Tabulka 21. Silné a slabé stránky varianty Scania	50
Tabulka 22. Silné a slabé stránky varianty Mercedes	51

Seznam grafů

Graf 1. Momentová a výkonová charakteristika motoru 1,9 TDI 81 [kW] ...	29
Graf 2. Metoda váženého pořadí variant - Celkové pořadí	43
Graf 3. Metoda založena na expertním stanovení dílčích ohodnocení Celkové pořadí	44
Graf 4. Metoda lineárních dílčích funkcí utility - Celkové pořadí	45
Graf 5. Celkové ohodnocení variant - Porovnání metod	45
Graf 6. SWOT analýza - Tatra	52

Seznam příloh

Příloha 1: Anketa k diplomové práci	1
Příloha 2: Graf - Průměrné váhy kritérií	11
Příloha 3: Graf - Průměrné váhy skupin kritérií	12
Příloha 4: Graf - Věk respondentů	12
Příloha 5: Graf - Spokojenost s provozem Tatra T815-2	13
Příloha 6: Graf - Spokojenost s provozem Man TGM	13
Příloha 7: Graf - Spokojenost s provozem Scania P360	14
Příloha 8: Graf - Spokojenost s provozem Mercedes Atego	14

Seznam použité literatury

a) knižní zdroje

[3] FOTR, Jiří. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. Vyd. 1. Praha: Ekopress, 2006, 409 s. ISBN 80-86929-15-9.

[14] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily*. 2. vyd. Brno: Avid, 2001, iv, 129 s.

[17] OLIVKOVÁ, Ivana. Přednášky z předmětu. *Ekonomika v dopravě II*. VŠB-TU Ostrava. Fakulta strojní, Institut dopravy. 2015

[19] 2. Fiala, P., Jablonský, J., Maňas, M.: *Vícekritériální rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická Praha. 1994. 316 s. ISBN: 80-7079-748-7

[21] *Návod k obsluze T815-2 Euro5*. Tatra a.s., 2014.

b) internetové zdroje

[1] *VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT ZA JISTOTY: Základní pojmy* [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/rmp/data/teorie_oa/VICEKRIT_HODNOCENI.pdf

[2] Česká republika. Vyhláška o technických podmínkách požární techniky. In: 35/2007. 2007, 14/2007. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-35>

[4] *SWOT analýza v Excelu* [online]. 2011. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://excel-navod.fotopulos.net/swot-analyza.html#SWOT_analyza_v_prakticke_ukazce

[5] POŽÁRNÍ TECHNIKA: Cisternová automobilová stříkačka (CAS). 2014. *THT s.r.o.* [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.tht.cz/cs/zasahove-pozarni-automobily/cisternova-automobilova-strikacka/cisternova-automobilova-strikacka-3626>

[6] *Technická specifikace na vozidlo CAS 20 - T 815 4x4*. THT Polička s.r.o., 2014.

[7] POŽÁRNÍ TECHNIKA: Cisternová automobilová stříkačka (CAS). 2014. *THT s.r.o.* [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.tht.cz/cs/zasahove-pozarni-automobily/cisternova-automobilova-strikacka/cisternova-automobilova-strikacka-cas20-s2z-man-tgm-4x4-3645>

[8] *Technická specifikace na vozidlo CISTERNOVÁ AUTOMOBILOVÁ STŘÍKAČKA CAS 20 – MAN TGM 18.290 4x4 BB.* THT Polička s.r.o., 2012.

[9] POŽÁRNÍ TECHNIKA: Cisternová automobilová stříkačka (CAS). *THT s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.tht.cz/cs/zasahove-pozarni-automobily/cisternova-automobilova-strikacka/cisternova-automobilova-strikacka-cas20-s2z-scania-p360-4x4-3655-01>

[10] *Technická specifikace na vozidlo CAS 20 - SCANIA P 360 CB4x4HHZ CP 28.* THT Polička s.r.o., 2013.

[11] POŽÁRNÍ TECHNIKA: Cisternová automobilová stříkačka (CAS). *THT s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.tht.cz/cs/zasahove-pozarni-automobily/cisternova-automobilova-strikacka/cisternova-automobilova-strikacka-3698>

[12] *Technická specifikace na vozidlo CISTERNOVÁ AUTOMOBILOVÁ STŘÍKAČKA CAS 20 – MERCEDES BENZ ATEGO 1626 AF 4x4.* THT Polička s.r.o., 2013.

[13] Výkon a kroutící moment. *Auto Znalosti* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.autoznalosti.cz/index.php/motor/31-vykon-a-kroulici-moment.html>

[15] Motor, jízdní vlastnosti. *Hummer* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://hummerh1.wz.cz/Technicke%20udaje.htm>

[16] Technické prostředky požární ochrany. *Sbírka zákonů č.35/2007* [online]. 2007 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://www.hasicihustejnet.eu/data/TPO/3rocnik/technicke_prostredky_PO_1/public/Pozarni_automobily.pdf

[18] *Virtuální vzdělávání v dopravě: M16-Provoz a ekonomika dopravy* [online]. 2012. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: www.vvvd.cz

[20] FIREFIGHTING: Tatra pro hasiče. 2014. *Tatra* [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.tatra.cz/nakladni-automobily/odvetvovy-katalog/hasici/>